

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM HÍBRIDOS DE
MAMONA DE PORTE BAIXO CULTIVADOS NA SAFRA
E NA SAFRINHA EM SISTEMA PLANTIO DIRETO**

EDEMAR MORO

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU - SP

Fevereiro - 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM HÍBRIDOS DE
MAMONA DE PORTE BAIXO CULTIVADOS NA SAFRA
E NA SAFRINHA EM SEMEADURA DIRETA**

EDEMAR MORO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Mestre em Agronomia
(Agricultura).

BOTUCATU - SP

Fevereiro - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Moro, Edegar, 1977-
M867m Manejo da adubação nitrogenada em híbridos de mamona de porte baixo cultivados na safra e na safrinha em sistema plantio direto / Edegar Moro. - Botucatu : [s.n.], 2008. xi, 118 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Inclui bibliografia

1. Mamona. 2. Plantio direto. 3. Nitrogênio. 4. Adubação. 5. Grãos - Produtividade. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA EM HÍBRIDOS DE MAMONA
DE PORTE BAIXO CULTIVADOS NA SAFRA E NA SAFRINHA EM
SISTEMA PLANTIO DIRETO"**

ALUNO: EDEMAR MORO

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



PROF. DR. ROGÉRIO PERES SORATTO



PROF. DR. HEITOR CANTARELLA

Data da Realização: 07 de fevereiro de 2008.

OFEREÇO

A DEUS POR SE FAZER PRESENTE EM CADA MOMENTO DA MINHA VIDA

A NOSSA SENHORA POR ME ENSINAR A CAMINHAR AO ENCONTRO DE JESUS

MENSAGEM

**“Obtém-se de Deus tanto quanto se espera Dele”
(São João da Cruz)**

DEDICO

À MINHA ESPOSA ADRIANA

AOS MEUS PAIS ALGEMIRO MORO E NADIR MORO

AOS MEUS IRMÃOS FLÁVIO MORO E LUCIANO MORO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por se fazer presente em todos os momentos de minha vida e por justificar todas as minhas ações.

À minha esposa Adriana que sempre me incentivou, me deu forças nos momentos difíceis e ajudou na execução deste trabalho.

Aos meus pais, que sempre me incentivaram e se abdicaram de muitas coisas durante o longo caminho percorrido para alcançar essa vitória.

Aos meus irmãos Flávio e Luciano que sempre estiveram junto comigo nesta caminhada, e nunca mediram esforços para que esta conquista fosse possível.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, pela valiosa orientação, pela motivação e por acreditar que juntos poderíamos obter ótimos resultados. Por toda ajuda além das atribuições de orientador que jamais esquecerei e sempre serei grato.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro, concedido por meio de bolsa de estudo e subvenção do trabalho de pesquisa.

Aos amigos Dácio Olibone e Ana Paula Encide Olibone por toda a ajuda desde o início do meu mestrado.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal (Agricultura), pelo auxílio nos trabalhos, em especial aos funcionários de campo e a Dorival Pires de Arruda, Vera Lúcia Rossi, Ilanir Rosane R. Bocetto, Arine, Camila e Natália.

Aos (s) estagiários (as) Tainá Barcellos Sipos, Priscila de Oliveira, Joana Giffoni Figueiredo Fumes, Larissa Lozano Teixeira de Carvalho, Bruno Barros Adamantino de Oliveira, pelo auxílio na execução deste trabalho e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto, pela sua disponibilidade e disposição em contribuir com este trabalho.

Ao Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pela colaboração e sugestões na discussão dos resultados.

Aos professores responsáveis pelas disciplinas cursadas: Carlos Alexandre Costa Crusciol (Cultura do arroz e Matérias primas para obtenção de álcool), Maurício Dutra Zanotto (Seminários), aos professores João Domingos Rodrigues, Gisela Ferreira, Carmen Sílvia Fernandes Boaro e Bety (Fisiologia Vegetal), Roberto Lyra Villas Bôas (Uso e manejo de fertilizantes e corretivos), Silvio José Bicudo (Matérias primas para obtenção de álcool), Ciro Antonio Rosolem (Relação solo-planta) e Hélio Grassi Filho (Nutrição mineral de plantas) por todo o ensinamento e sugestões para vida acadêmica, profissional e pessoal.

Ao Prof. Paulo César Trivelin (CENA/USP) pela sua ajuda na interpretação dos resultados de volatilização de nitrogênio

A todos os colegas do curso de pós-graduação pela amizade e companheirismo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
5. MATERIAL E MÉTODOS	16
5.1. Localização e caracterização da área experimental.....	16
5.2. Delineamento experimental e tratamentos	18
5.3. Caracterização dos híbridos de mamona	19
5.4. Instalação e condução dos experimentos.....	20
5.5. Avaliações	22
5.5.1. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia	22
5.5.2. Matéria seca de planta	23
5.5.3. Diagnose foliar	23
5.5.4. Componentes da produção	23
5.5.5. Fator de utilização do nitrogênio aplicado	24
5.5.6. Produtividade relativa.....	24
5.6. Análise estatística	24
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1. Safra 2005/2006 e 2006/2007.....	28
6.1.1. Experimento 1 - Doses de nitrogênio em cobertura em híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto	28
6.1.1.1. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+	28
6.1.1.2. Diagnose Foliar.....	31
6.1.1.3. Componentes da produção	37
6.1.1.4. Fator de utilização do nitrogênio	42
6.1.2. Experimento 2 – Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura em híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto.....	43
6.1.2.1. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+	43
6.1.2.2. Diagnose Foliar.....	47
6.1.2.3. Componentes da produção	47
6.1.2.4. Fator de utilização do nitrogênio	57
6.1.3. Experimento 3 – Fontes e doses de nitrogênio para o híbrido de mamona Lyra cultivado em sistema plantio direto.....	58
6.1.3.1. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia.....	58
6.1.3.2. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+	61
6.1.3.3. Diagnose Foliar.....	63

6.1.3.4. Componentes da produção	66
6.1.3.5. Fator de utilização do nitrogênio	70
6.2. Safrinha 2006 e 2007	71
6.2.1. Experimento 1 - Doses de nitrogênio em cobertura para híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto	71
6.2.1.1. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+	71
6.2.1.2. Diagnose Foliar.....	73
6.2.1.3. Componentes da produção	77
6.2.2. Experimento 2 – Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura para híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto.....	80
6.2.2.1. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+	80
6.2.2.2. Diagnose Foliar.....	83
6.2.2.3. Componentes da produção	88
6.2.2.4. Fator de utilização do nitrogênio	92
6.2.3. Experimento 3 – Fontes e doses de nitrogênio para o híbrido de mamona Lyra cultivado em sistema plantio direto.....	93
6.2.3.1. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia.....	93
6.2.3.2. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+	96
6.2.3.3. Diagnose Foliar.....	98
6.2.3.4. Componentes da produção	101
6.2.3.5. Fator de utilização do nitrogênio	104
6.3. Produtividade relativa.....	105
7. CONCLUSÕES.....	110
7.1. Safra 2005/2006 e 2006/2007.....	110
7.2. Safrinha 2006 e 2007	110
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ocupação das áreas antes da implantação dos experimentos.	18
Tabela 2. Atributos químicos do solo, na profundidade de 0-20 cm antes da instalação dos experimentos.....	18
Tabela 3. Manejo da adubação nitrogenada em cobertura em híbridos de mamona.....	19
Tabela 4. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função de doses de N aplicadas em cobertura nos híbridos de mamona Lyra e Savana cultivados em safra de verão, no sistema plantio direto.	42
Tabela 5. Produção de matéria seca, e teor de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2005/2006.....	44
Tabela 6. Análise da variância e coeficiente de variação para matéria seca, nitrato, amônio e diagnose foliar dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safra 2005/2006.....	44
Tabela 7. Produção de matéria seca, e teor de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2006/2007.....	46
Tabela 8. Análise da variância e coeficiente de variação para matéria seca, nitrato, amônio e diagnose foliar dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safra 2006/2007.....	46
Tabela 9. Teores de N, P K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2005/2006.	49
Tabela 10. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2006/2007.....	51
Tabela 11. Estande final de plantas, racemos por planta, frutos por racemos, grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2005/2006.	53
Tabela 12. Análise da variância e coeficiente de variação para componentes de produção e produtividade dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safra 2005/2006.....	54

Tabela 13. Estande final de plantas, racemos por planta, frutos por racemos, grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2006/2007.	56
Tabela 14. Análise da variância e coeficiente de variação para componentes de produção e produtividade dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safra 2006/2007.....	56
Tabela 15. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função do manejo da adubação nitrogenada de cobertura em híbridos de mamona cultivados em safra, no sistema plantio direto.	57
Tabela 16. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura no híbrido de mamona Lyra cultivado na safra 2005/2006 e 2006/2007 em sistema plantio direto.	70
Tabela 17. Produção de matéria seca, e teor de N-NO_3^- e NH_4^+ para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2006.	81
Tabela 18. Análise da variância e coeficiente de variação para matéria seca, nitrato, amônio e diagnose foliar dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safrinha 2006.....	81
Tabela 19. Produção de matéria seca, e teor de N-NO_3^- e NH_4^+ para os híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2007...	83
Tabela 20. Análise da variância e coeficiente de variação para matéria seca, nitrato, amônio e diagnose foliar dos híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada na safrinha 2007.....	83
Tabela 21. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2006.	85
Tabela 22. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2007.....	87
Tabela 23. Estande final de plantas, racemos por planta, frutos por racemos, grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2006.	89
Tabela 24. Análise da variância e coeficiente de variação para componentes de produção e produtividade dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safrinha 2006.....	89

Tabela 25. Estande final de plantas, racemos por planta, frutos por racemos, grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2007.	91
Tabela 26. Análise da variância e coeficiente de variação para componentes de produção e produtividade dos híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada na safrinha 2007.....	91
Tabela 27. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função do manejo da adubação nitrogenada de cobertura em híbridos de mamona cultivados em safrinha, no sistema plantio direto.	92
Tabela 28. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura no híbrido de mamona Lyra cultivado na safrinha 2006, no sistema plantio direto.	104
Tabela 29. Produtividade relativa dos híbridos de mamona Lyra e Savana nas safras 2005/2006 e 2006/2007 em função de doses de N aplicadas em cobertura no sistema plantio direto.	105
Tabela 30. Produtividade relativa dos híbridos de mamona Lyra e Savana nas safras 2005/2006 e 2006/2007 em função do parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no sistema plantio direto.	106
Tabela 31. Produtividade relativa do híbrido de mamona Lyra nas safras 2005/2006 e 2006/2007 em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura no sistema plantio direto.	107
Tabela 32. Produtividade relativa dos híbridos de mamona Lyra e Savana nas safrinhas 2006 e 2007 em função de doses de N aplicadas em cobertura no sistema plantio direto.	107
Tabela 33. Produtividade relativa dos híbridos de mamona Lyra e Savana nas safrinhas 2006 e 2007 em função do parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no sistema plantio direto.	108
Tabela 34. Produtividade relativa do híbrido de mamona Lyra nas safrinhas 2006 e 2007 em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura no sistema plantio direto.	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Balanço hídrico normal mensal em 2005, 2006 e 2007. Botucatu - SP.....	18
Figura 2. Coletor da NH ₃ volatilizada da uréia.	25
Figura 3. Vista geral dos experimentos - safra 2005/2006.....	25
Figura 4. Vista geral dos experimentos - safrinha 2006.....	26
Figura 5. Vista geral dos experimentos - safra 2006/2007.....	26
Figura 6. Vista geral dos experimentos safrinha 2007 antes da semeadura.	27
Figura 7. Vista geral da área - safrinha 2007 e detalhe dos racemos do	27
Figura 8. Produção de matéria seca, N-NO ₃ ⁻ e NH ₄ ⁺ para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e na safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.	29
Figura 9. Teores de N, P e K para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e na safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.	32
Figura 10. Teores de Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e na safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.....	36
Figura 11. Estande final de plantas, racemos por planta e frutos por racemos para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.	Erro! Indicador não definido.
Figura 12. Grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.	41
Figura 13. Perda de N por volatilização de NH ₃ (A) em função de doses de N na safra 2005/2006; umidade do solo e precipitação pluvial (B) durante o período de avaliação. * Doses de N (kg ha ⁻¹), --- perda de NH ₃ em cada avaliação e — perda de NH ₃ acumulada.	59
Figura 14. Perda de N por volatilização de NH ₃ (A) em função de doses de N na safra 2006/2007; umidade do solo e precipitação pluvial (B) durante o período de avaliação. * Doses de N (kg ha ⁻¹), --- perda de NH ₃ em cada avaliação e — perda de NH ₃ acumulada.	60

Figura 15. Produção de matéria seca, $N-NO_3^-$ e NH_4^+ para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 16. Teores de N, P e K para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e na safra 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.64

Figura 17. Teores de Ca, Mg e S para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.65

Figura 18. Estande final de plantas, racemos por planta e frutos por racemos para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.....67

Figura 19. Grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.69

Figura 20. Produção de matéria seca, $N-NO_3^-$ e NH_4^+ para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.....72

Figura 21. Teores de N, P e K para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e na Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.....74

Figura 22. Teores de Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.....76

Figura 23. Estande final de plantas, racemos por planta e frutos por racemos para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.78

Figura 24. Grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente.79

Figura 25. Perda de N por volatilização de NH_3 (A) em função de doses de N na safrinha 2006 e umidade do solo (B) durante o período de avaliação. * Doses de N ($kg\ ha^{-1}$), --- perda de NH_3 em cada avaliação e — perda de NH_3 acumulada.....94

- Figura 26. Perda de N por volatilização de NH_3 (A) em função de doses de N na safrinha 2007; umidade do solo e precipitação pluvial (B) durante o período de avaliação. * Doses de N (kg ha^{-1}), --- perda de NH_3 em cada avaliação e — perda de NH_3 acumulada. 95
- Figura 27. Produção de matéria seca, N-NO_3^- e NH_4^+ para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. 97
- Figura 28. Teores de N, P e K para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. 99
- Figura 29. Teores de Ca, Mg e S para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. 100
- Figura 30. Estande final de plantas, racemos por planta e frutos por racemos para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. 102
- Figura 31. Grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. 103

1. RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de épocas de aplicação, fontes e doses de nitrogênio em híbridos de mamona de porte baixo em sistema plantio direto, possibilitando a obtenção de informações para o manejo adequado da adubação nitrogenada tanto em safra como em safrinha. O projeto de pesquisa foi constituído de três experimentos conduzidos em safra e safrinha por dois anos agrícolas (2005/2006 e 2006/2007) na Fazenda Experimental Lageado pertencente a Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, em Botucatu-SP. No Experimento 1 o delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois híbridos de mamona (híbrido Lyra e híbrido Savana) e as subparcelas, por cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹). A fonte de N utilizada foi o nitrato de amônio (32% de N), sendo que a aplicação foi realizada aos 20 dias após a emergência. No Experimento 2 o delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois híbridos de mamona (híbrido Lyra e híbrido Savana) e as subparcelas, por seis formas de parcelamento da adubação nitrogenada (0-0, 0-100, 100-0, 30-70, 70-30, 50-50 kg ha⁻¹ de N) aplicados em duas épocas (20 DAE e aos 40 DAE). A fonte de nitrogênio utilizada também foi o nitrato de amônio. Por fim, no Experimento 3 o delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia), com quatro doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N) aplicadas em cobertura aos 20 dias após a emergência, sendo utilizado o híbrido

Lyra. Vale ressaltar que na safrinha de 2007 o híbrido Savana foi substituído pelo Sara. No cultivo de safra, concluiu-se que: a) o híbrido Lyra foi mais produtivo que o Savana; b) o Lyra foi mais eficiente na utilização do N quando da aplicação de 50 kg ha⁻¹; c) os componentes da produção afetados pela adubação de nitrogenada foram o número de racemos por planta, o número de frutos por racemo e o peso de 100 grãos; d) a produtividade de grãos foi incrementada pela aplicação de nitrogênio independente da forma de parcelamento e da fonte utilizada; e) a volatilização de NH₃ foi de 16,4% e 6,6 % quando da aplicação de 120 kg ha⁻¹, na safra 2005/06 e 2006/07, respectivamente; f) A adubação nitrogenada proporcionou aumento da produtividade relativa de grãos superior a 25%. Para o cultivo de safrinha, conclui-se que: a) o híbrido Lyra foi mais produtivo que o Savana e o Sara; b) a produtividade de grãos foi incrementada pela aplicação de nitrogênio independente da fonte utilizada; c) a adubação nitrogenada em cobertura proporcionou baixo incremento na produtividade de grãos; d) a volatilização de NH₃ foi de 6,4% e 28,8 % quando da aplicação de 120 kg ha⁻¹, na safrinha 2006 e 2007, respectivamente.

Palavras-chave: *Ricinus comunis* L., nitrogênio, produtividade de grãos, plantio direto.

MANAGEMENT OF NITROGEN FERTILIZATION IN CASTOR BEAN HYBRIDS UNDER NO-TILL SYSTEM IN SUMMER CROP AND FALL CROP. Botucatu, 2008, 123 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: EDEMAR MORO

Adviser: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2. SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the effect's time, as well as sources and nitrogen doses in castor bean hybrids in no-till system, enabling the appropriate nitrogen fertilization management both in summer crop and fall crop for two crop years (2005/2006 and 2006/2007) in an experimental area located in Botucatu, São Paulo State, Brazil. In the experiment 1, the experimental design was a randomized complete block design, in splitplot scheme with four replications, was used. The plots were constituted by two castor bean hybrids (Lyra and Savana). Five N levels (0, 50, 100, 150, and 200 kg ha⁻¹) side dressing fertilization constituted the subplots. Ammonium nitrate was the nitrogen source utilized (32% of N) applied 20 days after emergence. In the experiment 2, the experimental design was a randomized complete block design, in splitplot scheme with four replications, was used. The plots were constituted by two castor bean hybrids (Lyra and Savana). Six combination of times out rates (0-0, 0-100, 100-0, 30-70, 70-30, 50-50 kg ha⁻¹ of N) side dressing nitrogen fertilization constituted the subplots. The N source used was also ammonium nitrate, applied 20 days after emergence and 40 days after emergence. Finally, in experiment 3, the experimental design was a randomized blocks, in 2 x 4 factorial design, with four replications. The treatments comprised the combination of two nitrogen sources (ammonium sulfate and urea), with four doses of nitrogen (0, 30, 60 and 120 kg ha⁻¹ of N) surface applied 20 days after emergence, plus a control. In the latter experiment, hybrid Lyra was utilized. It's important to highlight that in the 2007 fall crop, Savana hybrid was replaced by Sara. In the summer crop, the conclusions were: a) Lyra hybrid was more productive than Savana; b) Lyra was more efficient in N utilization as to the application of 150 kg ha⁻¹; e) the components of

production affected by nitrogen fertilization were the number of racemes per plant, as well as the number of fruits per raceme and the weight of 100 grains; d) grain yield was increased by nitrogen application independent of the form of side dressing fertilization and the N source; e) NH_3 volatilization was 16.4% and 6.6% as to the application of 120 kg ha^{-1} , in the 2005/06 and 2006/07 crops, respectively; f) The nitrogen fertilization provided castor bean yield above 25% compared to control. In fall crop the conclusions were: a) Lyra hybrid was more productive than Savana and Sara; b) grain yield was increased by nitrogen application independent of the source utilized; c) nitrogen fertilization in different development stages affected grain productivity in a different way for each hybrid; d) nitrogen fertilization resulted in small grain yield.

Keywords: *Ricinus comunis* L., nitrogen, grains yield, no-till system.

3. INTRODUÇÃO

A cultura da mamona (*Ricinus communis* L.) conquistou seu espaço econômico, político e ambiental no Brasil devido ao interesse pela indústria ricinoquímica e pela busca de novas fontes de energias, visto que obtenção de diesel a partir do petróleo tem custo elevado, além da queima deste combustível ser altamente poluente. Os resultados apontam o biodiesel como uma das alternativas viáveis à substituir combustíveis obtidos do petróleo. Assim, a mamona vem ganhando espaço em todo o território nacional, principalmente nos estados do Nordeste e Centro-Oeste.

O biodiesel obtido a partir do óleo da mamona apresenta qualidade muito superior às demais fontes oleaginosas, além do excelente rendimento na obtenção, um litro de óleo de mamona origina um litro de biodiesel. Estas características da mamona são responsáveis pelo incentivo que a cultura tem recebido de órgãos federais e privados.

No Brasil a mamona é cultivada basicamente em dois sistemas. No sistema tradicional, a colheita é manual e utilizam-se cultivares de porte médio e alto, muito difundido entre os pequenos produtores. No final da década de noventa, o aumento da demanda (devido a utilização industrial do óleo de mamona), originou um novo sistema de cultivo nas regiões de Minas Gerais e Mato Grosso. Esse sistema de produção carece de tecnologias modernas para o cultivo em grandes áreas. Atualmente ganha espaço, também nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás. Assim, o desenvolvimento de tecnologias que viabilizem o cultivo da mamona em sistema plantio direto, tanto na safra como na safrinha, em sucessão as culturas anuais de inverno e/ou de verão, tem sido de suma

importância para produção em grandes áreas. Para viabilizar essa modalidade de cultivo estão sendo desenvolvidos híbridos de porte baixo, com amadurecimento uniforme dos frutos e adequados para colheita mecanizada, facilitando a adoção da cultura, principalmente, por produtores de médio e grande porte. Como é recente o cultivo da mamona em grandes áreas, tem-se uma carência muito grande de práticas de cultivo, principalmente com referência a adubação nitrogenada.

Pouco se conhece sobre o efeito do nitrogênio no equilíbrio nutricional e na produtividade de híbridos de mamona, bem como o manejo adequado dessa fertilização com referência a épocas de aplicação, fontes e doses, principalmente, quando essa cultura é inserida no sistema plantio direto, em sucessão as culturas anuais.

O sistema plantio direto tem se consagrado, principalmente com as culturas de soja, milho e trigo. Pesquisas estão sendo desenvolvidas para inserir novas culturas neste sistema de produção tais como: algodão, amendoim, arroz de terras altas e feijão.

O crescente incremento de novas culturas no sistema plantio direto deve-se ao sucesso que o não revolvimento do solo proporciona, juntamente com as demais práticas que caracterizam o sistema.

O não revolvimento do solo é responsável pelo acúmulo de palha na superfície do solo. Isto confere ao solo, proteção contra erosão, aumento de matéria orgânica, da fertilidade natural e da eficiência no aproveitamento dos fertilizantes. No sistema plantio direto deve-se priorizar a cobertura constante do solo, tanto por restos culturais de plantas exploradas comercialmente, quanto por restos culturais de plantas usadas simplesmente para cobertura de solo.

Em função da expansão da área cultivada com híbridos de mamona de porte baixo em sucessão as culturas anuais, em médias e grandes propriedades, faz-se necessário estudos para realização de fertilização equilibrada. Nesse contexto, resultados disponíveis sobre o manejo da adubação nitrogenada de cobertura são praticamente inexistentes, principalmente quando se trata do cultivo de híbridos de porte baixo em sistema plantio direto.

Em decorrência da imobilização do N no sistema plantio direto, da baixa eficiência das fontes nitrogenadas e da alta demanda de N pela cultura, o presente trabalho tem as seguintes hipóteses: a) híbridos de porte baixo com alto teto de produtividade necessitam de aplicações de nitrogênio em épocas diferentes das recomendadas para cultivares de porte médio-alto com crescimento indeterminado; b) as doses a serem empregadas devem ser mais elevadas que as recomendadas para cultivares tradicionais; c) a aplicação de nitrogênio sobre palhada no sistema plantio direto, em lavouras de médio a grande porte, deve levar em consideração a fonte utilizada visando maior eficiência de todo o sistema produtivo da mamoneira de porte baixo; d) em cultivo de safrinha os requerimentos por nitrogênio devem ser menor em razão das condições climáticas.

Diante do exposto, o objetivo desse projeto foi estudar a influência de épocas de aplicação, fontes e doses de nitrogênio em híbridos de mamona de porte baixo no sistema plantio direto, possibilitando a obtenção de informações para o manejo adequado da adubação nitrogenada tanto em safra como em safrinha.

4. REVISÃO DE LITERATURA

No final da década de noventa, a utilização industrial do óleo de mamona aumentou a demanda de produção de grãos desta oleaginosa. A partir deste momento o cultivo da mamona deixou de ser uma atividade apenas para pequenos agricultores e começou a ser introduzida em áreas maiores, primeiramente nos Estados de Minas Gerais e Mato Grosso e posteriormente nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás.

A ascensão da mamona não se limitou a indústria ricinoquímica. A crescente demanda de fontes alternativas de energia impulsionou a produção de biodiesel. O biodiesel pode ser feito a partir de qualquer óleo vegetal. Porém, o óleo da mamona destaca-se por ser mais denso e viscoso de todos, sendo, onze vezes mais denso que o óleo da soja. É o único óleo glicéridico solúvel em álcool a frio, enquanto que os demais óleos necessitam serem aquecidos até 70 °C para atingirem solubilidade. Ainda apresenta cerca de 4% a mais de oxigênio, o que é altamente desejável. Além disso, o rendimento com óleo da mamona é muito elevado, visto que um litro de óleo fornece um litro de biodiesel (BELTRÃO, 2003).

O Brasil importa o diesel mineral na forma de petróleo e também já pronto, representando cerca de 30% do diesel que consome atualmente, o que equivale a mais de 10 bilhões de litros por ano. Essa operação tem custo elevado com evasão de divisas. Poder-se-ia produzir esses 25% com o óleo da mamona. Com o uso de biodiesel, a poluição atmosférica seria quase nula, pela ausência de enxofre e reduzidas quantidades de CO₂ produzido, quando comparado ao diesel de petróleo (BELTRÃO, 2003).

A Europa proibiu o uso de enxofre, devido juntar-se na atmosfera com outros elementos e formar ácido sulfúrico, provocando chuva ácida. O enxofre é usado no

diesel para dar lubricidade e com a sua proibição, possivelmente o sucedâneo será o biodiesel que tem uma lubricidade bem superior ao diesel do petróleo (BELTRÃO, 2003).

A excelente qualidade do biodiesel obtido a partir do óleo da mamona tem levado o governo federal e os governos estaduais a incentivarem o cultivo da mamona em pequena e grande escala.

Em decorrência disto foram desenvolvidas pesquisas para melhorar a produtividade desta cultura. A partir destas pesquisas surgiram os híbridos que apresentam as seguintes características: potencial produtivo, precocidade, amadurecimento uniforme, baixa deiscência, alto teor de óleo, resistência a pragas e doenças e porte baixo adequados à colheita mecanizada. Esse conjunto de características tornou a cultura economicamente viável a médias e grandes propriedades (AZEVEDO et al., 2001).

O Brasil já ocupou lugar de destaque na produção mundial de mamona, porém, perdeu sua competitividade (AZEVEDO et al., 2001). Isto se explica em razão dos produtores brasileiros não utilizarem níveis tecnológicos avançados, principalmente em termos de uso de insumos industriais, como fertilizantes, sementes melhoradas ou mesmo sistemas de cultivo adequados desde a semeadura à colheita (SAVY FILHO et al., 1999).

Segundo Azevedo et al. (1997; 2001), o atraso no avanço tecnológico do cultivo da mamona, e, conseqüentemente, baixas produtividades, justifica-se por sua exploração até hoje ocorrer predominantemente em pequenas propriedades, com médio a baixo nível tecnológico, e com pouco ou nenhum uso de fertilizantes e corretivos.

Em condições comerciais, segundo dados do IBGE, tem-se observado produtividades de 600 a 900 kg ha⁻¹. Estes níveis de produção são considerados muito baixos. Quando utilizadas tecnologias mais avançadas, tem-se obtido produtividades de até 2.500 kg ha⁻¹ (CONAB, 2005).

Para que o Brasil retome posto de destaque na produção mundial de mamona, faz-se necessário submeter os novos híbridos às adaptações a considerar: interações genótipo e ambiente e interações com sistemas de produção das culturas graníferas onde a mamona será inserida no processo de rotação/sucessão com objetivo de maximizar a produtividade da referida oleaginosa. Assim, o desenvolvimento de tecnologias que viabilizem o cultivo da mamona em sistema plantio direto, tanto na safra quanto, na safrinha, em sucessão as culturas de outono/inverno e de verão, é de suma importância.

Dentre os vários sistemas de produção existentes, o plantio direto se constitui como eficiente alternativa para o controle da erosão, propiciando maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhorando as condições físicas e químicas do solo. Esse sistema é uma das melhores formas de condução da agricultura em direção a sustentabilidade, na qual se baseia em adotar tecnologias de conservação e/ou melhoria da qualidade dos recursos naturais e no aumento da eficiência na utilização de insumos e mão-de-obra (MATEUS & CRUSCIOL, 2004). Para a implantação e condução do sistema de maneira eficiente é indispensável a rotação de culturas.

Práticas agrícolas, como rotação de cultura e uso de cultura de cobertura, com finalidade de armazenamento de água e aumento do nitrogênio no solo devem ser recomendadas como estratégias na estabilização da produção de culturas exploradas em condições de sequeiro (AZEVEDO et al., 2001).

A diminuição da erosão em função da manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, no sistema plantio direto, reduz as perdas de solo e de nutrientes, especialmente aquelas provocadas pela dissipação da energia do impacto das gotas de chuva (PAULETTI, 1999).

Desta forma, o sistema plantio direto preconiza a cobertura constante do solo, tanto por plantas em desenvolvimento vegetativo, quanto por restos culturais de plantas exploradas comercialmente ou por restos culturais de plantas usadas simplesmente para cobertura de solo. Neste contexto, Lima (2001) relata que é necessária a utilização de coberturas vegetais com a finalidade de proteção superficial do solo, formação de palha e reciclagem de nutrientes. Alcântara et al. (2000) ressalva a importância de plantas de cobertura que mobilizem elementos lixiviados ou pouco solúveis presentes nas camadas mais profundas do solo.

Devido ao não revolvimento do solo e, conseqüentemente, a não incorporação da cobertura vegetal, a velocidade de decomposição é baixa, principalmente quando há sucessão de gramíneas. Este manejo é muito utilizado para manter palha sobre a área e aumentar sua persistência na superfície do solo.

A palha na superfície do solo constitui reserva de nutrientes, cuja disponibilização pode ser rápida e intensa (ROSOLEM et al., 2003), ou lenta e gradual (PAULETTI, 1999), dependendo da interação entre a espécie utilizada, manejo da fitomassa

(época de semeadura e de corte), umidade (regime de chuvas) aeração, temperatura, atividade macro e microbiológica do solo, composição química da palha e tempo de permanência dos resíduos sobre o solo (OLIVEIRA et al., 1999; ALCÂNTARA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2002; PRIMAVESI et al., 2002).

Outro fator que influencia na taxa de decomposição dos resíduos vegetais e conseqüentemente na liberação dos nutrientes é à relação C/N do tecido. Assim, espécies gramíneas possuem menor taxa de decomposição quando comparada com espécies não gramíneas. O reflexo disso é o aumento da intensidade do fenômeno de imobilização de N, que é a principal causa da menor disponibilidade desse elemento às plantas no sistema plantio direto, comparado com o sistema convencional (CERETTA et al., 2002).

Kochhann e Selles (1991) relatam que o resíduo deixado na superfície e o não revolvimento do solo no sistema plantio direto provocam alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que refletem na fertilidade e na eficiência do uso de nutrientes pelas culturas. Essas alterações modificam o movimento e a redistribuição de compostos mais solúveis, entre os quais destaca-se o nitrogênio. No entanto para que este elemento seja disponibilizado e assimilado pelos vegetais, suas formas orgânicas precisam ser mineralizadas pela ação de microorganismos.

O processo de mineralização é mediado por bactérias amonificantes transformam o N orgânico em N amoniacal e posteriormente as bactérias nitrificantes transformam o N amoniacal em N nítrico. Assim, o N é encontrado, principalmente, nas formas de nitrato e amônio na solução do solo (MARSCHNER, 1995).

Nos sistemas com culturas anuais, principalmente no sistema plantio direto, os teores de nitrato superam os de amônio na camada superficial do solo. O predomínio do nitrato ocorre em função da adubação e da correção da acidez propiciarem condições favoráveis aos microrganismos nitrificadores (D'ANDRÉA et al., 2004).

As plantas são capazes de absorver N tanto na forma de nitrato (NO_3^-) como na de amônio (NH_4^+), mas algumas podem preferir uma fonte ou outra, dependendo da espécie (MARSCHNER, 1995).

Além disso, algumas espécies tendem a absorver o nitrato mais rapidamente do que o amônio, enquanto outras agem justamente ao contrário. Em adição à absorção diferencial, o uso do nitrogênio absorvido também pode variar em função da

proporção de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no meio de cultivo, pois, o nitrato para ser utilizado necessita ser reduzido, em um processo dependente de energia e mediado pelas enzimas redutase do nitrato e redutase do nitrito, enquanto o amônio dispensa essa etapa para ser assimilado (TAIZ & ZEIGER, 1998).

Quando plantas se desenvolvem em ambientes semelhantes e posteriormente são supridas com N-NO_3^- ou N-NH_4^+ , elas podem diferir em muitos aspectos relacionados à atividade metabólica e composição iônica, como resultado da resposta fisiológica diferenciada (CRUSCIOL et al., 2007).

Quando aplicado ao solo, o N está sujeito a perdas. Assim, para minimizar os efeitos desse processo, recomenda-se o parcelamento da adubação nitrogenada (SILVA, 1988). Se o N mineral estiver disponível precocemente, podem ocorrer perdas do nutriente por lixiviação de N-NO_3^- e, ou, denitrificação (ROSECRANCE et al., 2000). Por outro lado, se a liberação do N for excessivamente tardia, poderá haver prejuízos na produtividade das culturas (HUNTINGTON et al., 1985).

Outras duas formas de perdas que reduzem a eficiência da adubação nitrogenada são a imobilização e volatilização.

Salet (1994) estudou a dinâmica de íons na solução de um solo manejado em sistema plantio direto e constatou que a imobilização microbiana do N contido no fertilizante pode ser responsável pela menor absorção deste nutriente neste sistema.

As perdas por volatilização são mais intensas quando a fonte nitrogenada é a uréia. A uréia, que é o fertilizante nitrogenado mais empregado na agricultura brasileira, e as perdas de N na forma de amônia podem ser elevadas (BARBOSA FILHO & SILVA, 2001), especialmente quando a aplicação é feita sobre a palhada, como ocorre muitas vezes no sistema plantio direto. Lara Cabezas & Yamada (1999) observaram perdas de N por volatilização da uréia acima de 70% em plantio direto, quando aplicada na superfície da palha. Segundo Cantarella et al. (2001), plantas adubadas com uréia apresentam menor absorção de N, devido, possivelmente, às perdas de NH_3 por volatilização. Nesse sentido, uma das alternativas indicadas seria a utilização de fontes menos sujeitas a perdas por volatilização, para o fornecimento do N em cobertura (COSTA et al., 2003), principalmente no sistema plantio direto.

A eficiência dos adubos nitrogenados também é bastante influenciada pela pluviosidade (CAMPOS, 2004), principalmente quando fontes mais propensas a perdas de N por volatilização são aplicadas em cobertura na superfície do solo. Duarte et al. (2007) observaram que os diferentes fluxos de emissão de N-NH₃ provocados pelos diferentes níveis de umidade do solo resultaram em diferentes quantidades de amônia volatilizada. Cantarella et al. (1999) observaram que a ocorrência de chuvas manteve baixo o nível de volatilização. Segundo Rodrigues (1992) a redução das perdas pode indicar que a amônia moveu-se para camadas mais profundas do solo, onde o processo de volatilização é reduzido. Para que ocorram as perdas de N por volatilização é preciso a hidrólise enzimática da uréia no solo, com a produção de amônia (ROS et al. 2005) e este processo dentre outros fatores depende da umidade do solo (LARA CABEZAS et al., 1997). Dessa forma, as perdas de N serão mais intensas em condições intermediárias de umidade no solo, pois quando ocorre déficit hídrico à baixa quantidade de água no solo não é suficiente para desencadear a hidrólise da uréia e quando o volume de chuvas é maior a uréia é incorporada ao solo e as perdas são reduzidas.

Portanto se torna necessário compreender os processos envolvidos na incorporação, transformação, perda de solo e dos fertilizantes, bem como, a dinâmica envolvendo sua absorção (FREIRE et al., 2001), principalmente sob cobertura morta provenientes de espécies com alta relação C/N, a fim de que sejam desenvolvidas estratégias de manejo que contribuam para aumentar a eficiência no aproveitamento de nitrogênio.

Por estas razões, o manejo da adubação nitrogenada é tido como um dos mais difíceis (SANTOS et al., 2003), fazendo com que a eficiência da adubação nitrogenada, na maioria das vezes, seja baixa (CRUSCIOL et al., 2007). Segundo Fageria et al., (1999) a eficiência de utilização das fontes de N mais empregadas no Brasil é baixa, ao redor de 50%.

O nitrogênio é o nutriente mais exportado pela mamona (37 kg de N t⁻¹ de bagas) e o segundo mais extraído (156 kg ha⁻¹), perdendo apenas para o potássio (172 kg ha⁻¹) (NAKAGAWA, 1971). Lavres Júnior et al. (2005) verificaram que o N é o primeiro elemento a apresentar sintomas visuais de deficiência, e foi o nutriente que mais limitou o crescimento da mamona (híbrido Lyra) cultivada em solução nutritiva, refletindo em redução da produção de matéria seca da parte aérea na ordem de 68%.

O estudo deste nutriente na cultura da mamona é de suma importância. Segundo Santos et al. (2004) a mamona tem elevada demanda por nitrogênio para seu crescimento e produção de área foliar. Quando cultivada sob deficiência, observa-se redução no crescimento e conseqüentemente plantas de baixa estatura. A frutificação, quando ocorre, é fraca com poucos racemos e frutos com peso abaixo do esperado.

Considerando as perdas de N, a baixa eficiência das fontes nitrogenadas e alta demanda da cultura em N, para que a mamona expresse seu potencial produtivo as doses usualmente recomendadas não atendem a exigência da cultura, principalmente quando se trata de híbridos cultivados no sistema plantio. Segundo Muzilli et al. (1983) a adição de cobertura vegetal à superfície do solo, com diferentes relações C/N, está diretamente relacionada com a maior ou menor taxa de imobilização do N. Desta forma, a aplicação de N nas doses recomendadas em cobertura, podem não satisfazer as necessidades das plantas pelo elemento.

Porém, elevadas doses de fertilizantes incorrem na probabilidade de criar um desbalanço nutricional (PRIMAVESI et al., 2005). O suprimento de nutrientes em proporções adequadas é essencial para a ótima produção vegetal, mas nem sempre isto é considerado na prática agrícola. A máxima produção vegetal depende da concentração e da proporção entre os nutrientes (MENGEL & KIRKBY, 1987).

Íons como NO_3^- , K^+ e Cl^- são absorvidos mais rapidamente, enquanto a absorção de Ca^{2+} , SO_4^{2-} é relativamente lenta. A diferença na taxa de absorção significa que a planta remove cátions e ânions em quantidades desiguais do meio (MENGEL & KIRKBY, 1987). O fornecimento inadequado de N ou S, acarretara no desbalanceamento entre ambos (BÜLL, 1993). Quando se eleva a dose de N na adubação é necessário aumentar proporcionalmente a dose de S, a fim de garantir o equilíbrio destes nutrientes na planta (MALAVOLTA, 1986). A forma de fertilizantes nitrogenados (NO_3^- , NH_4^+) usada na adubação também influencia o balanço de cátions-ânions nas plantas (ENGELS & MARSCHNER, 1995).

Como já discutido, os fertilizantes nitrogenados quando aplicados no solo sofrem diversas transformações e processos de perdas que vão interferir na eficiência e, como conseqüência, na produtividade das culturas. Por isso, na prática, é difícil determinar a quantidade exata de N que as culturas necessitam, pois a disponibilidade deste nutriente é

dinâmica e varia com as mudanças no teor de umidade, temperatura e tipo de fertilizante e manejo do solo (CAMPOS, 2004).

Como é recente o cultivo da mamona em grandes áreas, tem-se carência de técnicas de cultivo. Assim, o manejo da adubação nitrogenada em híbridos de porte baixo, com elevado potencial produtivo, tanto para o cultivo na safra quanto na safrinha é praticamente desconhecido, principalmente em sistema plantio direto, onde a oleaginosa será cultivada em sucessão as culturas anuais.

Vale ressaltar que a recomendação que existe até o momento é para cultivares tradicionais em sistema convencional de preparo de solo, como a do Estado de São Paulo, que é 15 kg ha^{-1} de N na semeadura e doses que variam de 30 a 60 kg ha^{-1} de N em cobertura, aplicadas entre 30 a 40 dias após a emergência (SAVY FILHO, 1997).

5. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi constituído de três experimentos, conduzidos em safra e safrinha, por dois anos agrícolas (2005/2006 e 2006/2007).

5.1. Localização e caracterização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), apresentando como coordenadas geográficas 48° 23' de longitude Oeste de Greenwich e 22° 51' de latitude Sul, com altitude de 740 metros.

De acordo com a classificação de Köeppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, que se caracteriza pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO & DRUGOWICH, 1994).

Os dados diários referentes às temperaturas máxima, mínima e precipitação pluvial durante os dois anos de condução do experimento, coletados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado, pertencente ao Departamento de Recursos Naturais – Setor de Climatologia, estão contidos na Figura 1.

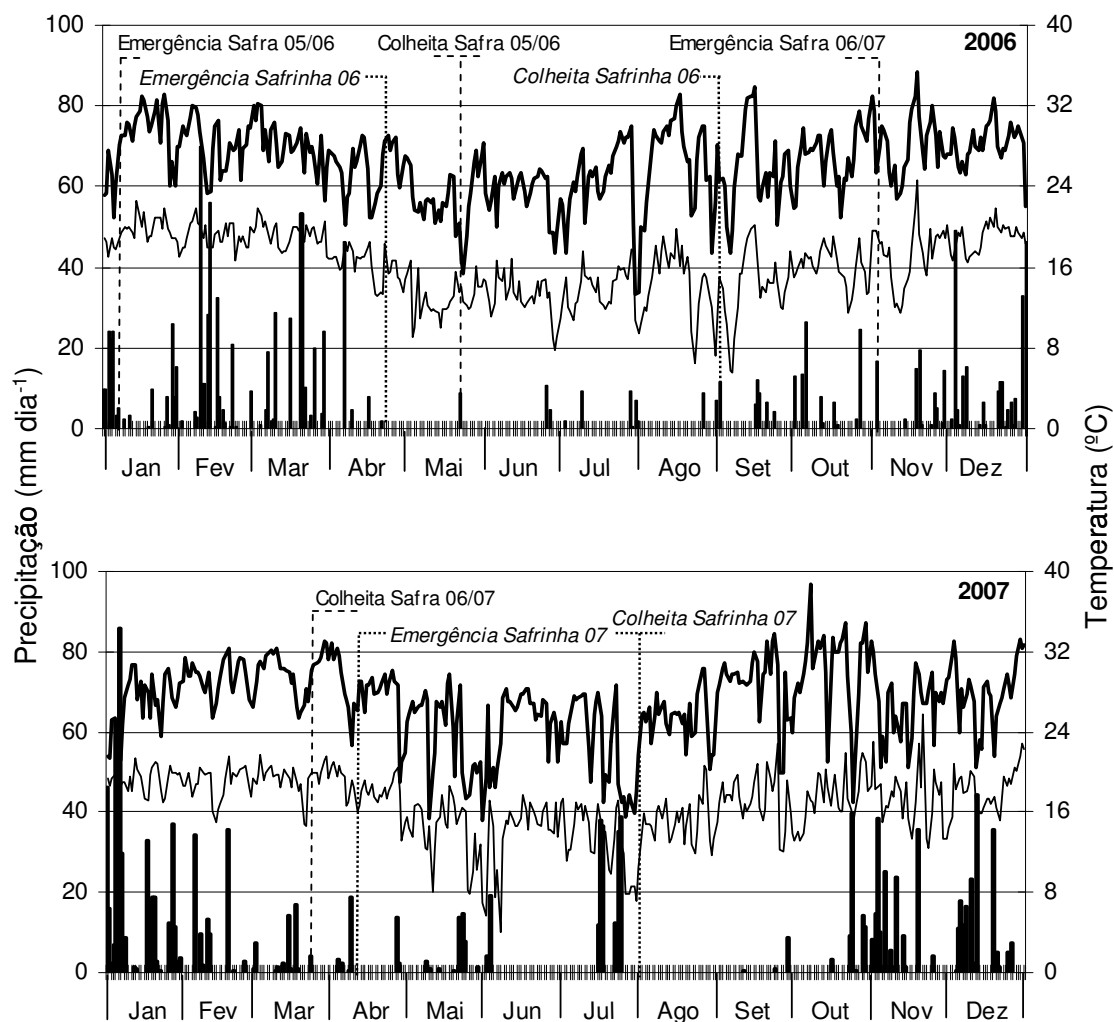


Figura 1. Precipitação (■), temperaturas máxima (—) e mínima (---) registradas durante a condução do experimento e posicionamento do momento da emergência e colheita dos híbridos de mamona em 2006 e 2007.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999), o solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, o qual vem sendo manejado em sistema plantio direto há 6 anos. A seqüência de culturas nos 5 últimos anos agrícolas está contida na Tabela 1 e a análise química do solo das áreas experimentais está descrita na Tabela 2.

Tabela 1. Ocupação das áreas antes da implantação dos experimentos.

Ano agrícola	Safra 2005/2006	Safrinha 2006	Safra 2006/2007	Safrinha 2007
2000/2001	milho/aveia	soja/milheto	-	-
2001/2002	milho/aveia	soja/milheto	soja/milheto	soja/milheto
2002/2003	arroz/feijão	Soja/aveia	soja/milheto	soja/aveia
2003/2004	milho/aveia	soja/triticales	soja/milheto	soja/triticales
2004/2005	soja/milho	feijão/milheto	feijão/milheto	feijão/milheto
2005/2006	Mamona	mamona	milho/aveia	mamona/milho
2006/2007	-	-	mamona	mamona

Tabela 2. Atributos químicos do solo, na profundidade de 0-20 cm antes da instalação dos experimentos.

Área	Prof. cm	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P (resina) mg dm ⁻³	H+Al -----	K mmol _c dm ⁻³	Ca -----	Mg -----	SB -----	CTC -----	V %
Safra 05/06	0-20	5,1	24	16	38	1,5	31	17	49	87	56
Safrinha 06	0-20	5,1	36	28	51	1,3	26	13	41	92	45
Safra 06/07	0-20	5,2	40	21	44	2,4	23	14	40	84	47
Safrinha 07	0-20	5,0	36	27	51	0,8	28	14	43	95	45

5.2. Delineamento experimental e tratamentos

Experimento 1 - Doses de nitrogênio em cobertura em híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto na safra e na safrinha

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois híbridos de mamona (híbrido Lyra e híbrido Savana) e as subparcelas, por cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹). A fonte de N utilizada foi o nitrato de amônio (32% de N), sendo que a

aplicação foi realizada aos 20 dias após a emergência (DAE), estágio em que a cultura estava com 4 a 5 folhas.

Experimento 2 - Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura em híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto na safra e na safrinha

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por dois híbridos de mamona (híbrido Lyra e híbrido Savana) e as subparcelas, por seis formas de parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, conforme Tabela 3. A fonte de nitrogênio foi o nitrato de amônio (32% de N).

Tabela 3. Manejo da adubação nitrogenada em cobertura em híbridos de mamona.

Tratamentos	Época de Aplicação de N*		Total
	1ª Época (20 DAE)	2ª Época (40 DAE)	
	-----kg ha ⁻¹ -----		
1	0	100	100
2	100	0	100
3	30	70	100
4	70	30	100
5	50	50	100
6	0	0	0

* 20 DAE corresponde ao estágio em que os híbridos apresentavam 4 a 5 folhas e 40 DAE ao estágio de 9 a 10 folhas expandidas.

Experimento 3 - Fontes e doses de nitrogênio para o híbrido de mamona Lyra cultivado em sistema plantio direto na safra e safrinha

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia), com quatro doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹ de N), aplicadas em cobertura aos 20 DAE.

5.3. Caracterização dos híbridos de mamona

O Híbrido Lyra apresenta as seguintes características: precoce (ciclo 140), floração com 36 dias após a emergência, 60% de plantas femininas, rusticidade, altura média de 1,40 m, fruto indeiscente, boa debulha, produção média de 1.400 kg ha⁻¹, adequado para colheita mecanizada com automotriz.

As características do Híbrido Savana são as seguintes: semi-precoce, floração com 42 dias após a emergência, 75% de plantas femininas, rusticidade, altura média de 1,60 m, fruto indeiscente, boa debulha, produção média de 1.600 kg ha⁻¹, adequado para colheita mecanizada com automotriz.

Na safreinha 2007 o híbrido Savana foi substituído pelo Sara. Esse híbrido apresenta as seguintes características: alta porcentagem de flores femininas, precocidade, fruto indeiscente e porte baixo, possibilitando a colheita mecânica. Destaca-se em relação a demais híbridos pela tolerância a mofo-cinzento (*Botrytis ricini*), razão pela qual foi feita a substituição.

As sementes dos híbridos foram produzidas pela empresa Sementes Armani Ltda em Janaúba-MG.

5.4. Instalação e condução dos experimentos

As parcelas ou subparcelas tinham 5 m de largura e 5 metros de comprimento, perfazendo uma área total de 25 m². A área útil foi constituída pelas duas linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

Foram adotados os espaçamentos e as densidades recomendadas para cada híbrido, ou seja, Lyra: 0,45 m e 45.000 plantas ha⁻¹, Savana: 0,9 m e 25.000 plantas ha⁻¹ e Sara: 0,9 m e 25.000 plantas ha⁻¹. Dessa forma, as unidades experimentais ficaram constituídas de 10 e 6 fileiras de plantas, respectivamente, para Lyra e Savana/Sara.

Uma semana antes da semeadura dos híbridos de mamona foi realizada a dessecação da vegetação presente na área com o herbicida glyphosate, na dose de 1,8 kg do i.a. ha⁻¹, utilizando volume de aplicação de 250 L ha⁻¹. Essa operação foi realizada com pulverizador tratorizado de barras com 12 m de comprimento, e bicos leque 110.02 espaçados de 0,50 m.

As sementes de mamona foram tratadas com fungicida carboxin-thiran (Vitavax-thiran - 300ml do produto/100 kg de sementes) e inseticida thiametoxan (Cruiser - 300g do produto/100 kg de sementes).

De acordo com a análise de solo (Tabela 2) foi determinada a utilização do adubo NPK com formulação 08-28-16 + 4,5% de S + 0,5% de Zn, totalizando

250 kg ha⁻¹ do fertilizante na sementeira, seguindo as recomendações de Savy Filho et al. (1999).

Nas safras de verão as sementeiras foram realizadas sobre palhada de aveia nos dias 23/12/05 e 20/10/06. Nas safrinhas as sementeiras foram realizadas sobre palhada de milho nos dias 03/04/06 e 26/03/07. A sementeira foi realizada com semeadora adubadora modelo Personal Drill 13 Semeato para plantio direto. Nas safras as emergências ocorreram em 08/01/2006 e 02/11/2006; nas safrinhas ocorreram em 23/04/06 e 10/04/2007.

O controle de plantas daninhas de folhas estreitas, tanto nos cultivos de safra, quanto safrinha foi realizado com aplicação do herbicida “Post” (sethoxidim), na dose de 1 litro ha⁻¹ + 1% de óleo mineral. O controle das plantas daninhas de folhas largas foi realizado com o herbicida Clorimuron na dosagem de 80 g ha⁻¹ do produto comercial.

A aplicação dos tratamentos com adubação nitrogenada, nos experimentos de 1 e 3, foi realizada no estágio em que as plantas encontrava-se com 4 a 5 folhas inteiramente abertas (20 DAE). No experimento 2, os tratamentos foram aplicados nos estádios em que as plantas encontrava-se com 4 a 5 folhas (20 DAE) e com 9 a 10 folhas inteiramente abertas (40 DAE).

A aplicação de nitrogênio foi feita sobre a palhada da cobertura morta em razão de ser a modalidade adotada em 90% das áreas produtoras de grãos. A justificativa principal apresentada pelos produtores é a rapidez de aplicação. A adubação foi realizada manualmente com o uso de copos dosadores previamente calibrados para cada dose. O adubo foi colocado aproximadamente de 5 a 10 cm ao lado das plantas.

Vale ressaltar que no experimento 3 (com fontes de nitrogênio), todos os tratamentos receberam aplicação de gesso agrícola, com a finalidade de igualar a quantidade de S fornecida na maior dose de sulfato de amônio com os demais tratamentos. A quantidade de gesso foi calculada em função da maior dose de sulfato de amônio e, portanto, variável em cada dose de sulfato de amônio e a mesma quantidade nos tratamentos com uréia.

A coleta de folhas para a diagnose foliar e de plantas para a determinação da matéria seca nas safras de verão foram realizadas 45 DAE e nas safrinhas 50 DAE.

Devido à incidência da doença mofo cinzento (*Botrytis ricini*), foram feitas duas aplicações de fungicida tanto na safra quanto na safrinha. A primeira ocorreu no

início do florescimento e a segunda aplicação 20 dias após a primeira. Os produtos utilizados foram, “Sialex” (procimidona), fungicida sistêmico na dose de 300 gramas do produto por hectare e “Rovral” (prodione), fungicida de contato na dosagem de 300 ml por hectare.

Quando 100% das plantas apresentavam no mínimo dois racemos maduros foi realizada a dessecação, com glyphosate. Essa operação foi efetuada para facilitar a colheita e para uniformizar a maturação dos frutos dos demais racemos formados. A colheita da safra 2005/2006 foi realizada aos 130 DAE e da safra 2006/2007 aos 140 DAE. Na safrinha 2006 a colheita foi realizada aos 130 DAE e na safrinha 2007 aos 140 DAE.

Mediante as Figuras 2 a 7, é possível visualizar as áreas onde foram conduzidos os experimentos.

5.5. Avaliações

5.5.1. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia

A avaliação das perdas de N por volatilização de amônia foi realizada conforme metodologia descrita por Nömmik (1973), adaptada por Lara Cabezas & Trivelin (1990) e calibrado por Lara Cabezas et al. (1999), para estimar perdas reais em condições de campo. Foram utilizadas câmaras coletoras construídas a partir de tubos de PVC (cloropolivinil) de 200 mm de diâmetro e 400 mm de altura, encaixadas sobre bases, também de PVC, com 185 mm de diâmetro e 70 mm de altura, as quais foram introduzidas no solo até uma profundidade de 30 mm. Sobre os tubos foram encaixados suportes de metal aos quais foi acoplada uma tampa protetora (pratos de plástico), para impedir que a precipitação pluvial e os raios solares atingissem o sistema internamente.

Em cada câmara coletora foram colocadas duas esponjas tipo comercial de 20 mm de espessura; a primeira a uma altura de 15 cm do solo, para captar a amônia volatilizada do solo, e a segunda a 30 cm de altura, para captar a amônia da atmosfera, impedindo a contaminação da esponja inferior. As esponjas foram embebidas com 30 mL de uma solução contendo ácido fosfórico (50 mL L^{-1}) e glicerina (40 mL L^{-1}). Antes de serem colocadas nas câmaras coletoras, as esponjas foram pressionadas manualmente para eliminar o excesso de solução de modo a evitar o gotejamento no interior dos cilindros. Em seguida foram colocadas sob suportes metálicos adaptados internamente nas câmaras coletoras.

As esponjas foram trocadas a cada dois dias após a aplicação do fertilizante nitrogenado. As avaliações foram realizadas até que as perdas estabilizaram, constatadas quando os valores obtidos eram próximos aos do tratamento testemunha.

O fosfato de amônio formado em cada coleta foi extraído das esponjas por meio de lavagens sucessivas com solução de KCl 1M. Após o ajuste do volume desta solução para 500 mL, procedeu-se a destilação de uma alíquota de 20 mL, em destilador de arraste de vapores, adicionando-se 5 mL de NaOH 10 N em cada amostra. Os resultados foram expressos em kg ha^{-1} de N-NH_3 .

5.5.2. Matéria seca de planta

Por ocasião do início do florescimento foi determinada a massa da matéria seca da parte aérea das plantas, coletando-se 10 plantas por parcela e secando-as em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir massa constante.

5.5.3. Diagnose foliar

Para realizar a diagnose foliar foram coletados, no início do florescimento, os limbos da 4ª folha (totalmente aberta) a partir do ápice, de 10 plantas por parcela (MALAVOLTA et al., 1997).

Os limbos foliares foram secados em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir massa constante. Em seguida, foram moídos e procederam-se as análises químicas.

As determinações de N-total, P, K, Ca, Mg e S foram conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e os teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- foram determinados segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1985).

5.5.4. Componentes da produção

a. Estande final de plantas: a determinação do estande final foi realizada na véspera da colheita, considerando 2 linhas centrais com comprimento de 4 metros em cada unidade experimental, sendo os resultados convertidos em plantas ha^{-1} .

b. Número de racemos/planta: essa avaliação foi realizada antes da colheita, coletando-se racemos de 10 plantas por unidade experimental.

c. Número de frutos/racemo: relação entre número total de frutos (determinado em 10 racemos).

d. Número médio de grãos/fruto: relação entre número total de grãos (determinado em 30 frutos) e o número total de frutos.

e. Peso de 100 grãos (g): foi determinada por meio da pesagem de quatro amostras de 100 grãos por unidade experimental. Os dados obtidos foram transformados para teor de água de $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$.

f) Produtividade de grãos

A colheita foi efetuada manualmente. Foram colhidas as plantas de duas linhas centrais contidas na área útil de cada unidade experimental. Os racemos foram trilhados e os grãos pesados para determinação da produtividade que foi calculada em kg ha^{-1} (o teor de águas dos grãos foi corrigido para $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$).

5.5.5. Fator de utilização do nitrogênio aplicado

Foi determinado o fator de utilização do N aplicado, mediante a relação; kg ha^{-1} da produtividade incrementada em relação à testemunha/ kg ha^{-1} de N aplicado. Portanto, este fator foi apresentado quando houve incremento da produtividade em relação a testemunha e quando os tratamentos que proporcionaram incrementos diferiram entre si.

5.5.6. Produtividade relativa

A avaliação da produtividade relativa foi determinada considerando como valor de referência a maior produtividade. Em cada experimento foram considerados dois valores de referência, um para cada híbrido ou no caso do experimento 3, um para cada fonte.

5.6. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. No experimento 1 e 3 as médias das fontes e dos cultivares foram comparadas pelo teste de DMS a 5% e os níveis de N foram submetidos a análise de regressão. No experimento 2 as médias foram comparadas pelo teste de DMS a 5%, tanto para o efeito do fator isolado quanto para o desdobramento da interação cultivares x parcelamento de N.



Figura 2. Coletor da NH₃ volatilizada da uréia.



Figura 3. Vista geral dos experimentos - safra 2005/2006.



Figura 4. Vista geral dos experimentos - safrinha 2006.



Figura 5. Vista geral dos experimentos - safra 2006/2007



Figura 6. Vista geral dos experimentos safrinha 2007 antes da semeadura.



Figura 7. Vista geral da área - safrinha 2007 e detalhe dos racemos do híbrido Lyra (superior) e Sara (inferior).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Safra 2005/2006 e 2006/2007

6.1.1. Experimento 1 - Doses de nitrogênio em cobertura em híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto

6.1.1.1. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+

A adubação nitrogenada proporcionou aumento significativo na produção de matéria seca em ambas as safras (Figura 8A e 8B). Na safra 2005/2006 os valores para o híbrido Lyra foram ajustados a função quadrática (Figura 8A), atingindo o máximo acúmulo de matéria seca com a dose calculada de 105 kg ha^{-1} de N. Na safra 2006/2007 os dados foram ajustados a função linear. Para o híbrido Savana os dados foram ajustados a função linear em ambas as safras (Figura 8A e 8B). Santos et al. (2004) em estudos com restrição no fornecimento de N, em casa de vegetação, observaram redução de 84% na produção de MS da cultivar Campina Grande. Nos experimentos de campo a redução é menor devido ao N presente no solo, no entanto para o híbrido Savana constatou-se que as reduções ajustadas pela equação foram de 34% e 70% em relação a maior dose (200 kg ha^{-1}) na safra 2005/2006 e 2006/2007, respectivamente. Segundo Ceretta et al. (2002), resíduos culturais provenientes de gramíneas (alta relação C/N), resultam em intensa imobilização de N pelos microrganismos e, conseqüentemente, menor disponibilidade do nutriente às plantas.

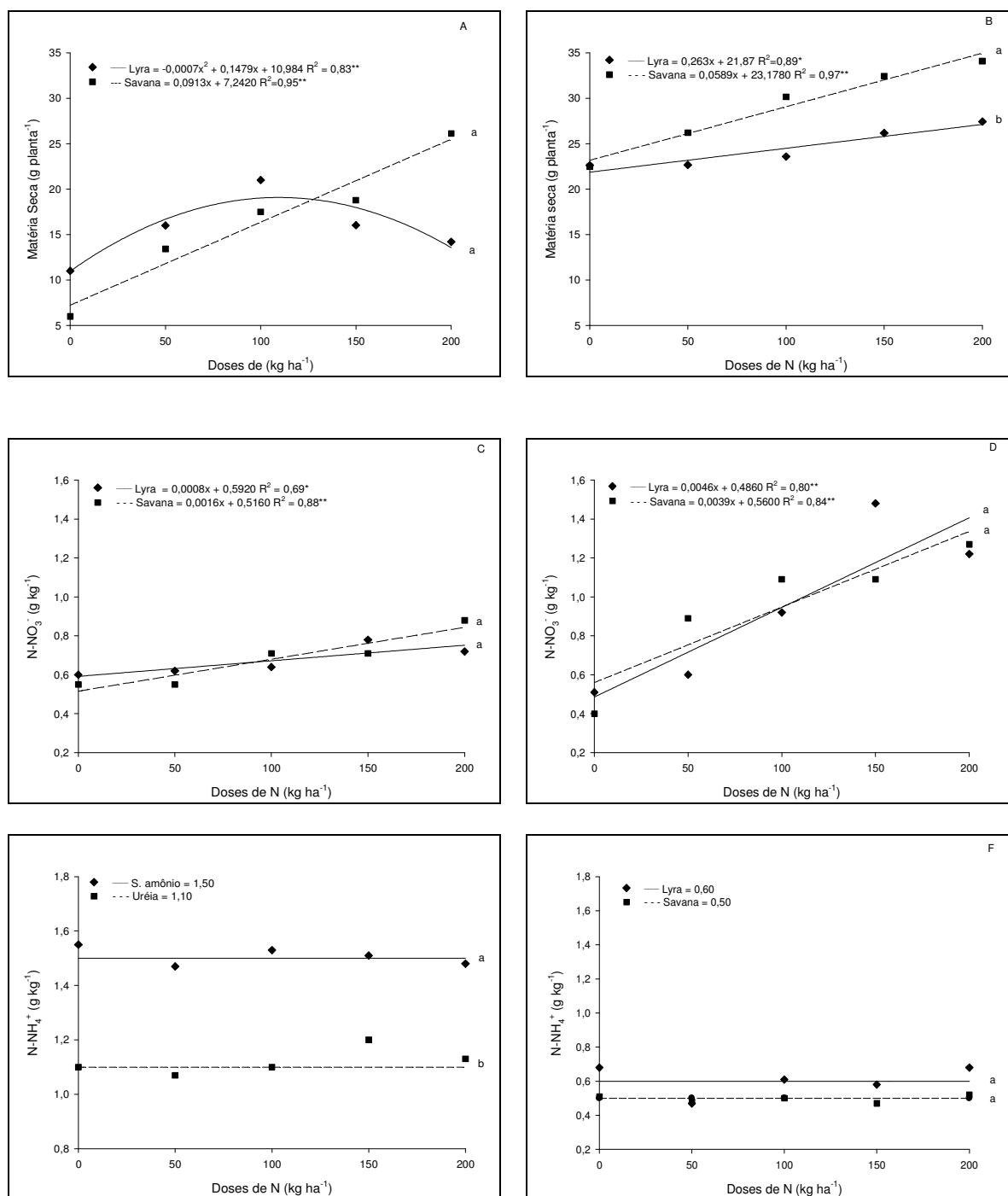


Figura 8. Produção de matéria seca, $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e na safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

Este fato explica o incremento da matéria seca em função da aplicação de N em cobertura aos 20 dias após a emergência das plântulas, uma vez que a mamoneira sucedeu aveia preta. A maior produção de matéria seca do híbrido Savana ocorreu em função do maior desenvolvimento, que, provavelmente, foi favorecido pela menor população de plantas por hectare. A população recomendada para o híbrido Savana é em torno de 25.000 plantas ha⁻¹ enquanto que para o Lyra é de 45.000 plantas ha⁻¹, assim, a menor competição entre plantas resultam em maior desenvolvimento individual. Essa explicação pode ser válida uma vez que essas populações recomendadas pelos detentores desses materiais são empíricas, sem estudo científico aprofundado, pois recomendam a mesma população tanto para safra quanto para safrinha.

Os teores de nitrato (N-NO₃⁻) aumentaram a medida que elevou-se as doses de nitrogênio e os dados foram ajustados a função linear, tanto na safra 2005/2006 (Figura 8C) quanto na safra 2006/2007 (Figura 8D), para ambos os híbridos. As plantas são capazes de absorver N tanto na forma de nitrato (NO₃⁻) como na forma de amônio (NH₄⁺), mas dependendo da espécie podem ter preferência por uma destas formas (MARSCHNER, 1995).

Nos sistemas com culturas anuais, principalmente no sistema plantio direto os teores de NO₃⁻ superam os de NH₄⁺ na camada superficial do solo. O predomínio do NO₃⁻ ocorre em função da adubação e da correção da acidez propiciarem condições favoráveis aos microrganismos nitrificadores (D'ANDRÉA et al., 2004). Peuke et al. (1996) observaram que na mamoneira a maior parte do NO₃⁻ é reduzido e assimilado nas raízes, com contribuições crescentes na parte aérea à medida que seus teores são aumentados na solução do solo. A fonte de N utilizada neste experimento foi o nitrato de amônio que apresenta proporções iguais nas formas de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺.

Considerando que as condições dos solos em sistema plantio direto favorecem a nitrificação a transformação da parte amoniacal da fonte utilizada acontece rapidamente, conforme as seguinte reações: $\text{NH}_4^+ + 1,5\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ (*nitrosomonas*) e $\text{NO}_2^- + 0,5 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$ (*nitrobacter*). Este fato justifica o aumento linear dos teores de nitrato nos híbridos de mamona. Na média das duas safras os teores obtidos para ambos os híbridos foi de 0,5 g kg⁻¹ para a testemunha e 1,0 g kg⁻¹ para a dose de 200 kg ha⁻¹ de N. Estes valores foram superiores aos constatados por Lavres Júnior et al. (2005) para a

híbrido Íris, cujos valores na ausência de N, P e K foi $0,2 \text{ g kg}^{-1}$ e com tratamento completo (N, P e K) foi $0,5 \text{ g kg}^{-1}$. Os maiores valores obtidos foram devido aos experimentos terem sido conduzidos a campo em sistema plantio direto, onde além do fornecimento de N via adubação, a forma predominante de N no solo é a forma nítrica.

Quanto aos teores de N-NH_4^+ os dados não diferiram em função das doses de nitrogênio (Figura 8E e 8F). Na safra 2005/2006 os valores de N-NH_4^+ diferiram entre os híbridos. Os teores de nitrogênio amoniacal foram menores para o híbrido Savana (Figura 8E). Este resultado é atribuído ao aumento linear na produção de MS deste híbrido (Figura 8A), ou seja, ocorreu a diluição N amoniacal. Os teores de N-NH_4^+ não foram influenciados pelas doses de N devido as condições mais favoráveis a nitrificação, ou seja, o aumento das doses de N não alterou os teores de amônio no solo. Na safra 2006/2007 os valores para ambos os híbridos foram menores que na safra anterior. Uma vez absorvido o nitrato pode ser reduzido a nitrito (NO_2^-) pela enzima nitrato redutase (RN) e, logo a seguir, convertido a amônio (CRAWFORD, 1995) ou transportado para a parte aérea e armazenado nos vacúolos (TAIZ & ZEIGER, 1991).

6.1.1.2. Diagnose Foliar

A adubação nitrogenada de cobertura proporcionou aumento significativo no teor de N e os dados foram ajustados a função linear em ambas as safras. Na safra 2005/2006 os dados para o teor N não diferiram entre os híbridos (Figura 9A), enquanto que na safra 2006/2007 houve diferença e os valores para o híbrido Savana foram menores (Figura 9B). Isto se explica devido a maior produção de MS do Savana nesta safra, deste modo o menor teor de N ocorreu por efeito diluição.

O aumento linear no teor de N para ambos os híbridos indica que a maior dose (200 kg ha^{-1}) não foi suficiente para atingir um ponto de máximo acúmulo de N. Um aspecto importante que deve ser ressaltado, neste caso, é a questão da imobilização do nitrogênio no sistema plantio direto, uma vez que os híbridos sucederam uma gramínea e o solo não foi capaz de suprir a demanda, embora os teores de N estivessem dentro da faixa preconizada como adequada por Malavolta et al. (1997).

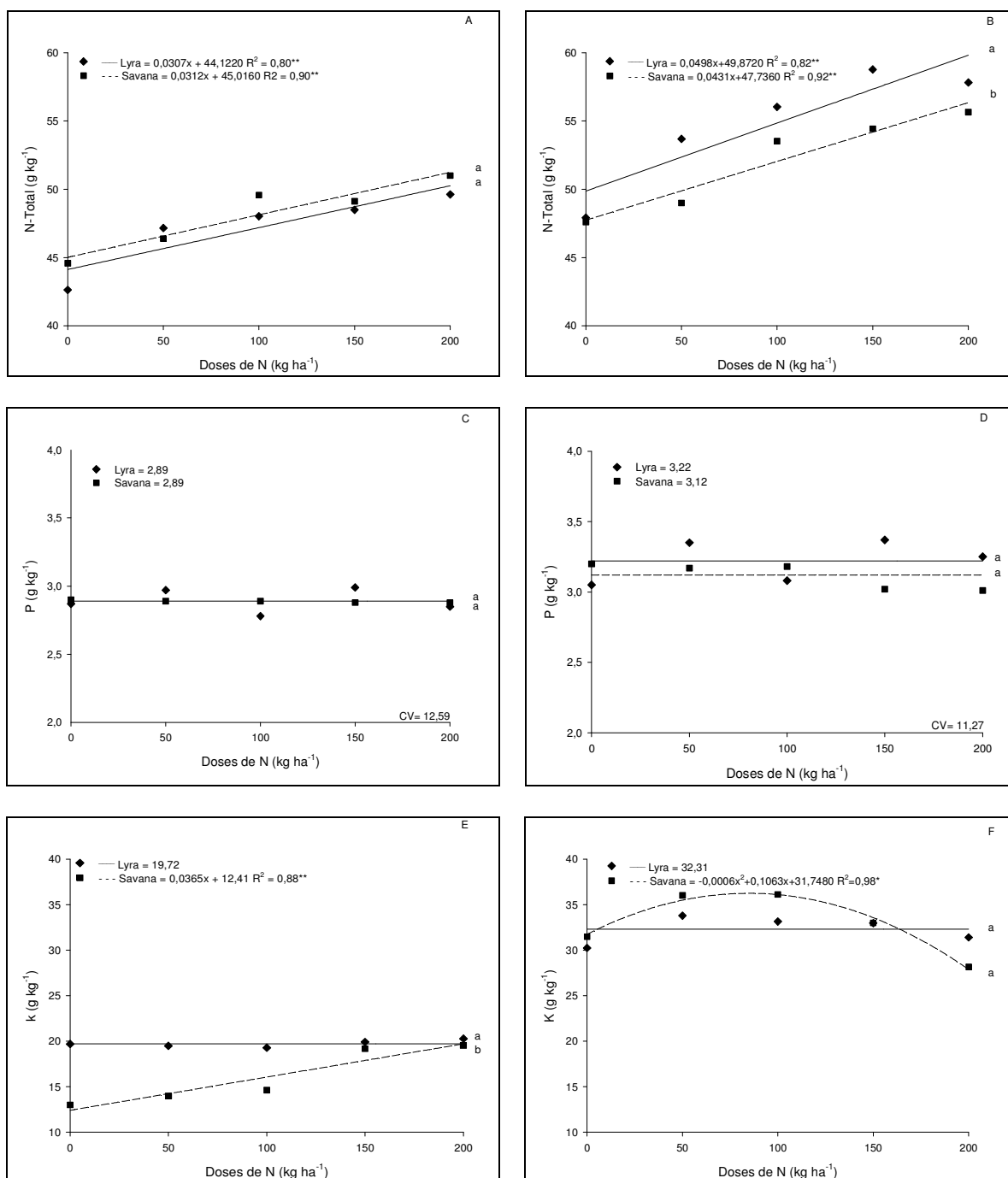


Figura 9. Teores de N, P e K para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e na safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

Na cultura do feijoeiro, Soratto et al. (2004) verificaram aumento linear do teor de N nas folhas, cultivado sob sistema plantio direto em sucessão a cultura do milho, até a dose de 210 kg ha⁻¹ de N. Estes resultados reforçam a hipótese de que, no sistema plantio direto, é necessária a aplicação de maiores doses de N, devido à imobilização do nutriente, principalmente quando os resíduos culturais presentes na superfície do solo possuem alta relação C/N, como é o caso do milho e da aveia-preta (SORATTO et al., 2004; AITA et al., 2001).

Os teores de N para ambos os híbridos na safra 2005/2006 permaneceram dentro da faixa considerada adequada que é de 40-50 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997). Na safra 2006/2007 os valores excederam os valores adequados, a partir da dose ajustada de 3 kg ha⁻¹ para o híbrido Lyra e a partir de 52 kg ha⁻¹ para o híbrido Savana. A baixa quantidade de N requerida pelo híbrido Lyra para exceder a faixa adequada pode ter ocorrido em função da menor produção de MS quando comparado ao híbrido Savana, ou seja ocorreu efeito concentração.

Os teores de fósforo, (Figura 9), cálcio e magnésio (Figura 10) não foram afetados pelas doses de N, tanto na safra 2005/2006 quanto na safra 2006/2007 e também não houve diferença entre os híbridos para estes nutrientes.

Os valores para o P na safra 2005/2006 para ambos os híbridos estiveram abaixo da faixa considerada adequada por Malavolta et al. (1997) que é de 3-4 g kg⁻¹ (Figura 9C). Na safra 2006/2007 os valores foram compatíveis com a faixa de suficiência (Figura 9D). Segundo Yamada (2002) a fonte de suprimento de nitrogênio (NH₄⁺, NO₃⁻, fixação de N₂) tem papel fundamental na relação cátion/ânion nas plantas. De acordo com Blair et al. (1971) o nitrogênio aumenta a absorção do P. Dessa forma justifica-se o maior valor para o P em relação a safra anterior, pois na safra 2006/2007 tanto os valores de N-NO₃⁻, quanto os de N-total foram maiores.

Os teores de K no híbrido Lyra não foram afetados pelas doses de N. Quanto ao híbrido Savana os dados foram influenciados pela adubação nitrogenada em ambas as safras. Na safra 2005/2006 as doses de N proporcionaram aumento no teor de K com ajuste dos dados a função linear (Figura 9E). Na safra 2006/2007 os dados foram ajustados a função quadrática (Figura 9F), sendo que o teor máximo de K foi atingido com a dose calculada de 88 kg ha⁻¹ de N.

De acordo com Adams (1981) a utilização de N nítrico possibilita maior absorção de cátions, como forma de compensar a maior quantidade de N absorvida na forma de ânion. Isto pode ter ocorrido com o híbrido Savana na safra 2005/2006 e em 2006/2007 até a dose de 88 kg ha⁻¹ de N. A partir deste ponto pode ter ocorrido diluição dos teores de K em virtude do crescente aumento na produção de MS. Os teores de K para ambos os híbridos na safra 2005/2006 estiveram abaixo da faixa adequada (30-40 g kg⁻¹) preconizada por Malavolta et al. (1997), mesmo quando houve influência das doses de N. Porém na safra 2006/2007 estiveram adequados.

Quanto ao S, observou-se que o incremento nas doses de N ocasionaram decréscimo nos teores. Na safra 2005/2006 os dados para o híbrido Lyra foram ajustados a função quadrática e o menor teor de S (3,2 g kg⁻¹) foi observado com a dose calculada de 202 kg ha⁻¹ de N. Os dados para o híbrido Savana foram ajustados a função linear. Na safra 2006/2007 os dados de ambos os híbridos foram ajustados a função quadrática. Para o híbrido Lyra o menor teor de S (3,0 g kg⁻¹) foi constatado com a dose calculada de 132 kg ha⁻¹ de N. Quanto ao Savana o menor teor (3,1 g kg⁻¹) ocorreu com a dose calculada de 140 kg ha⁻¹ de N. O ajuste dos dados a função quadrática ocorreu devido aos teores de N estarem próximo ao ponto de máxima embora até a dose de 200 kg ha⁻¹ isso ainda não havia acontecido. Na safra 2005/2006 a dose calculada de N que conferiu o menor teor de S foi superior a 200 kg ha⁻¹. Este fato é mais uma evidência que os teores de N já estavam próximos ao ponto máximo.

O N e o S possuem funções semelhantes nas plantas, principalmente àquelas relacionadas a síntese de proteína e processos fotossintéticos. Deste modo, segundo Büll (1993) o fornecimento inadequado de um desses nutrientes, acarretara no desbalanceamento entre ambos. De forma geral, o desbalanço se dá em relação ao suprimento de S, pois, em culturas exigentes em N, são comuns aplicações elevadas deste nutriente sem acompanhamento da fertilização proporcional de S.

Evidenciou-se neste experimento que o aumento das doses de N afetou o teor de S em ambos os híbridos, quer seja pelo efeito diluição/concentração ou pela maior produção de matéria seca (Figura 8A e 8B). Crusciol et al. (2006), em estudos de adubação de cobertura com S em feijão, relataram diminuição no teor foliar de N, sugerindo que isto ocorre devido ao efeito diluição, já que o S promoveu aumento na produção de MS.

O fato de adubações com N afetar no teor foliar de S e vice-versa, ocorre devido às assimilações de NO_3^- e SO_4^{2-} estarem metabolicamente ligadas (FRIEDRICH & SCHRADER, 1978) uma vez que estes nutrientes apresentam funções semelhantes nas plantas. Íons como NO_3^- , K^+ e Cl^- são absorvidos mais rapidamente, enquanto a absorção de Ca^{2+} , SO_4^{2-} é relativamente lenta (MENGEL & KIRKBY, 1987). Estes fatos justificam os resultados, uma vez que a adubação nitrogenada causou aumento de forma linear na absorção de NO_3^- para ambos os híbridos, tanto na safra 2005/2006 (Figura 8C) quanto na safra 2006/2007 (Figura 8D).

Os teores de S para ambos os híbridos, em ambas as safras mantiveram-se adequados ($3\text{-}4 \text{ g kg}^{-1}$), embora as doses de N acarretaram redução dos teores.

Oliveira et al. (1996) relataram que em plantas de feijão deficientes em S há perda de vigor das sementes, redução na formação de ramos e no número de flores e vagens, com conseqüência na produtividade de grãos. Deste modo, quando são aplicadas doses elevadas de N na cultura da mamona, há a necessidade de fornecimento proporcional de S, para que não ocorram problemas que acarretem em redução da produtividade ou de limitação do potencial produtivo em áreas com alta tecnologia.

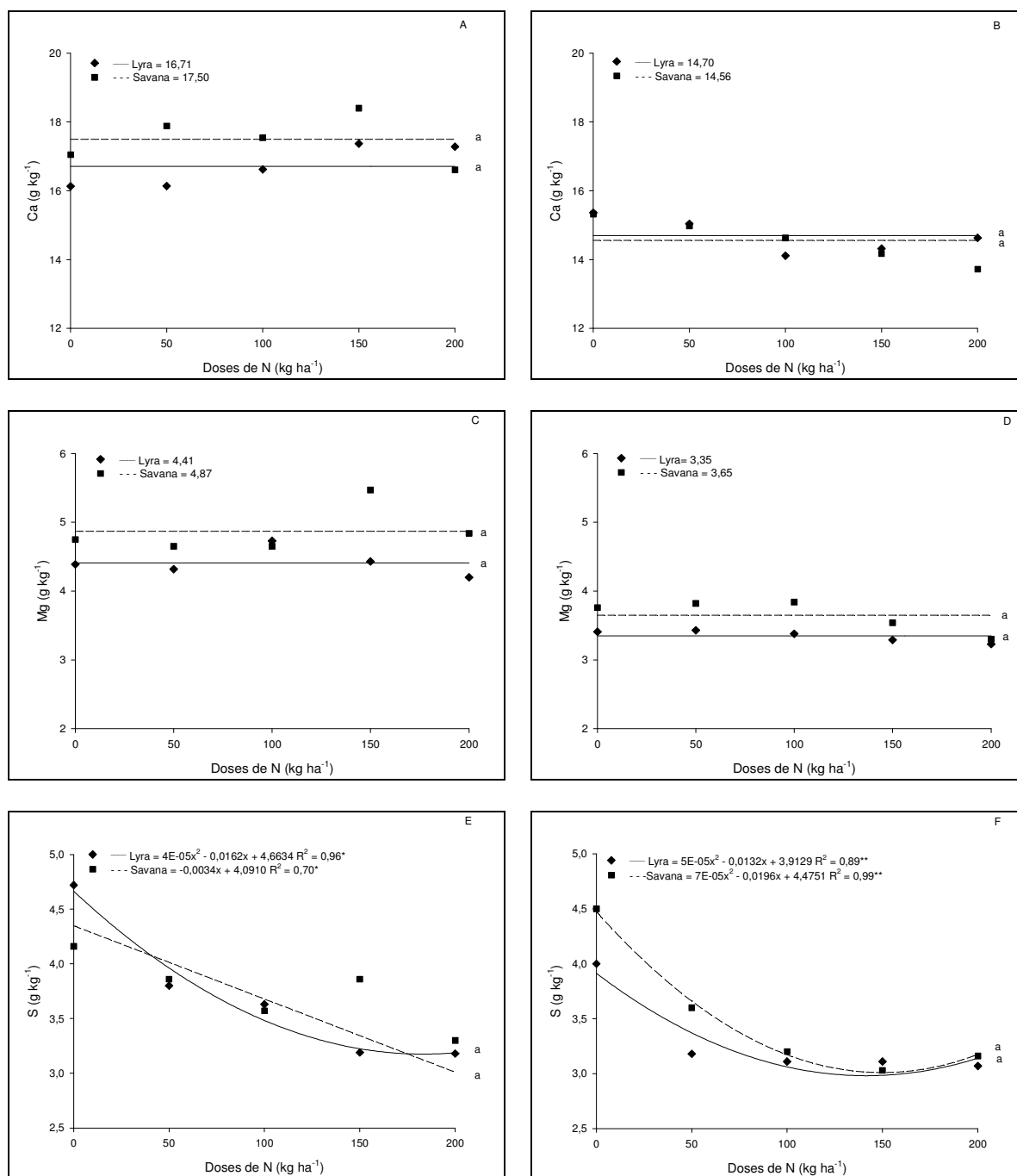


Figura 10. Teores de Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e na safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.1.1.3. Componentes da produção

O estande final de plantas não foi influenciado pelas doses de nitrogênio (Figura 11A e 11B). A diferença na população entre os híbridos é decorrente da maior densidade de plantas recomendada para o híbrido Lyra.

O número de racemos por planta na safra 2005/2006 foi influenciado de forma quadrática pelas doses de N em ambos os híbridos (Figura 11C). Para o híbrido Lyra o número máximo deste componente da produção ocorreu com a dose calculada de 166 kg ha^{-1} de N e para o Savana com a dose calculada de 197 kg ha^{-1} de N. Entre os híbridos o número de racemos diferiu, sendo que para o Savana os valores foram maiores, o que justifica a maior quantidade de N exigida para atingir o valor máximo. O maior número de racemos do híbrido Savana é uma característica genética deste material, pois apresenta maior capacidade de engalhamento. Além do que, esta característica foi favorecida pela menor densidade de plantas recomendada para este material. A superioridade do híbrido Savana também foi constatada na safra 2006/2007, ainda que as doses de N não influenciaram nos valores obtidos.

Em experimento conduzido por Silva et al. (2007) aplicações de doses crescentes de N para o híbrido Sara também não proporcionaram efeito no número de racemos. Os autores justificam o resultado alegando que este componente da produção é uma característica genética da mamona, portanto pouco influenciada por fatores externos. No entanto, pelos resultados obtidos no presente trabalho essa afirmação é incorreta.

Na safra 2005/2006, o efeito da aplicação de N foi significativo. Nas parcelas que não receberam ou que receberam doses menores de N, houve limitações no desenvolvimento das plantas constatado pela produção de MS (Figura 8A), e redução na emissão de racemos. Outro fato que limitou o desenvolvimento das plantas e a emissão de órgãos reprodutivos foi a questão da imobilização do nitrogênio. O cultivo foi realizado em área sob sistema plantio direto, após seqüência de quatro cultivos com gramíneas, portanto, o solo não foi capaz de suprir a demanda, embora os teores foliares de N estivessem dentro da faixa preconizada por Malavolta et al. (1997). Segundo Ceretta et al. (2002), resíduos culturais provenientes de gramíneas (alta relação C/N), resultam em intensa imobilização de N pelos microrganismos e, conseqüentemente, menor disponibilidade do nutriente às plantas.

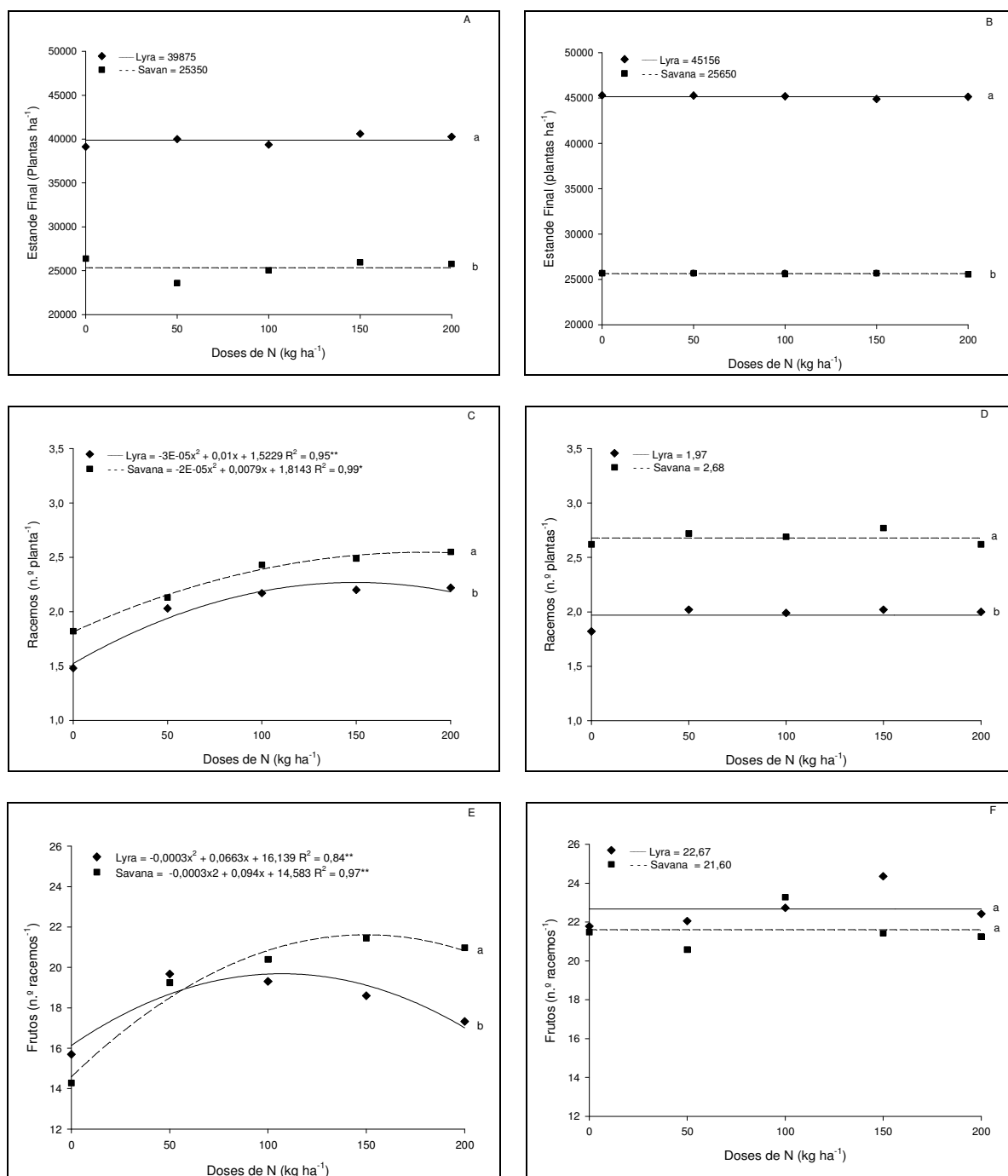


Figura 11. Estande final de plantas, racemos por planta e frutos por racemos para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

Quanto ao número de frutos por racemo, na safra 2005/2006, os dados foram ajustados a função quadrática, porém, não houve diferença entre os híbridos (Figura 11E). Para o híbrido Lyra o número máximo de frutos por racemo foi obtido com a dose calculada de 110 kg ha^{-1} de N e para o híbrido Savana foi 156 kg ha^{-1} de N. A queda deste componente da produção a partir das doses relatadas ocorreu devido a elevação nas doses de N estimular o crescimento das plantas, assim a energia foi direcionada para formação dos órgãos vegetativos e limitou o desenvolvimento dos reprodutivos. O efeito quadrático para este componente da produção na mamona (híbrido Sara) também foi observado por Silva et al. (2007). Na safra 2006/2007 as doses de N não influenciaram no número de frutos por racemos e também não houve diferença entre os híbridos (Figura 11F). Nesta safra o desenvolvimento das plantas que não receberam N não foi tão prejudicado quanto na safra anterior, como pode ser comprovado pelos dados de produção de MS (Figura 8B), o que justifica o resultado obtido.

O número de grãos por frutos não diferiu entre os híbridos e, tão pouco, houve efeito das doses de N. Tal comportamento foi constatado tanto na safra 2005/2006 (Figura 12A), quanto na safra 2006/2007 (Figura 12B). Este componente de produção é pouco influenciado pelo ambiente, ou por fatores exógenos, pois é uma característica de alta herdabilidade.

Os dados para peso de 100 grãos na safra 2005/2006 foram influenciados pelas doses de N com ajuste a função quadrática (Figura 12C). Para o híbrido Lyra o maior peso de 100 grãos (38,0 g) ocorreu com a dose calculada de 132 kg ha^{-1} de N e para o híbrido Savana o maior peso (41,1 g) foi observado com a dose calculada de 173 kg ha^{-1} de N. O híbrido Savana exigiu maiores doses de N para atingir o máximo peso de 100 grãos em função do maior número de racemos por planta (Figura 11C) e do maior número de frutos por racemo (Figura 11E). Na safra 2006/2007 apenas o híbrido Lyra foi influenciado pelos tratamentos e os dados foram ajustados a função linear (Figura 12D). O ajuste linear ocorreu provavelmente devido aos componentes de produção, racemos por planta (Figura 11D) e frutos por racemo (Figura 11F) não diferirem com o aumento das doses de N. Desta forma, nos tratamentos em que a adubação nitrogenada foi maior o N disponível pode ter sido remobilizado para os grãos, justificando o aumento de peso.

Para o híbrido Savana as doses de N não causaram alterações no peso de 100 grãos. Justifica-se o resultado pelo fato que os componentes de produção racemos por planta e frutos por racemo também não diferiram, e neste caso como a população de plantas recomendada para este híbrido é menor, o N proveniente do solo foi suficiente, anulando incrementos por remobilização deste nutriente. Nas duas safras o peso de 100 grãos foi maior para o híbrido Savana. Esta superioridade também foi observada por Poleti et al. (2004), portanto, esta é uma característica que pode estar associada a este híbrido. Para a cultura do feijão Soratto et al. (2006) em dois anos de cultivo, observaram efeito do N no peso de grãos apenas no segundo ano, com incremento linear.

A produtividade de grãos na safra 2005/2006 foi afetada pelas doses de N e os dados foram ajustados a função quadrática para ambos os híbridos (Figura 12E). O híbrido Lyra atingiu a maior produtividade (1.777 kg ha^{-1}) com a dose calculada de 130 kg ha^{-1} de N. Quanto ao Savana, a maior produtividade (1.525 kg ha^{-1}) ocorreu com a dose calculada de 197 kg ha^{-1} de N. O ajuste quadrático dos dados é facilmente explicados, uma vez que, o número de racemos por planta (Figura 11C), o número de frutos por racemo (Figura 11E) e o peso de 100 grãos (Figura 12C) foram ajustados pelo mesmo modelo matemático. Silva et al. (2007) também observaram ajuste dos dados de produtividade à equação de segundo grau para o híbrido Sara.

Na safra 2006/2007 as doses de N influenciaram apenas o híbrido Lyra. Os dados de produtividade de grãos foram ajustados a função linear e a produtividade calculada pela equação para a dose de 200 kg ha^{-1} de N foi de 1730 kg ha^{-1} (Figura 12F). Este efeito é justificado pelo peso de 100 grãos, componente que teve o mesmo ajuste (Figura 12D), visto que os demais componentes não foram alterados. A produtividade do híbrido Savana não foi influenciada pelas doses de N. Este resultado é facilmente explicado, pois nenhum dos componentes de produção foi alterado pelas doses de N. Nas duas safras houve diferença de produtividade entre os híbridos, sendo o híbrido Lyra mais produtivo provavelmente em decorrência do maior número de plantas por hectare.

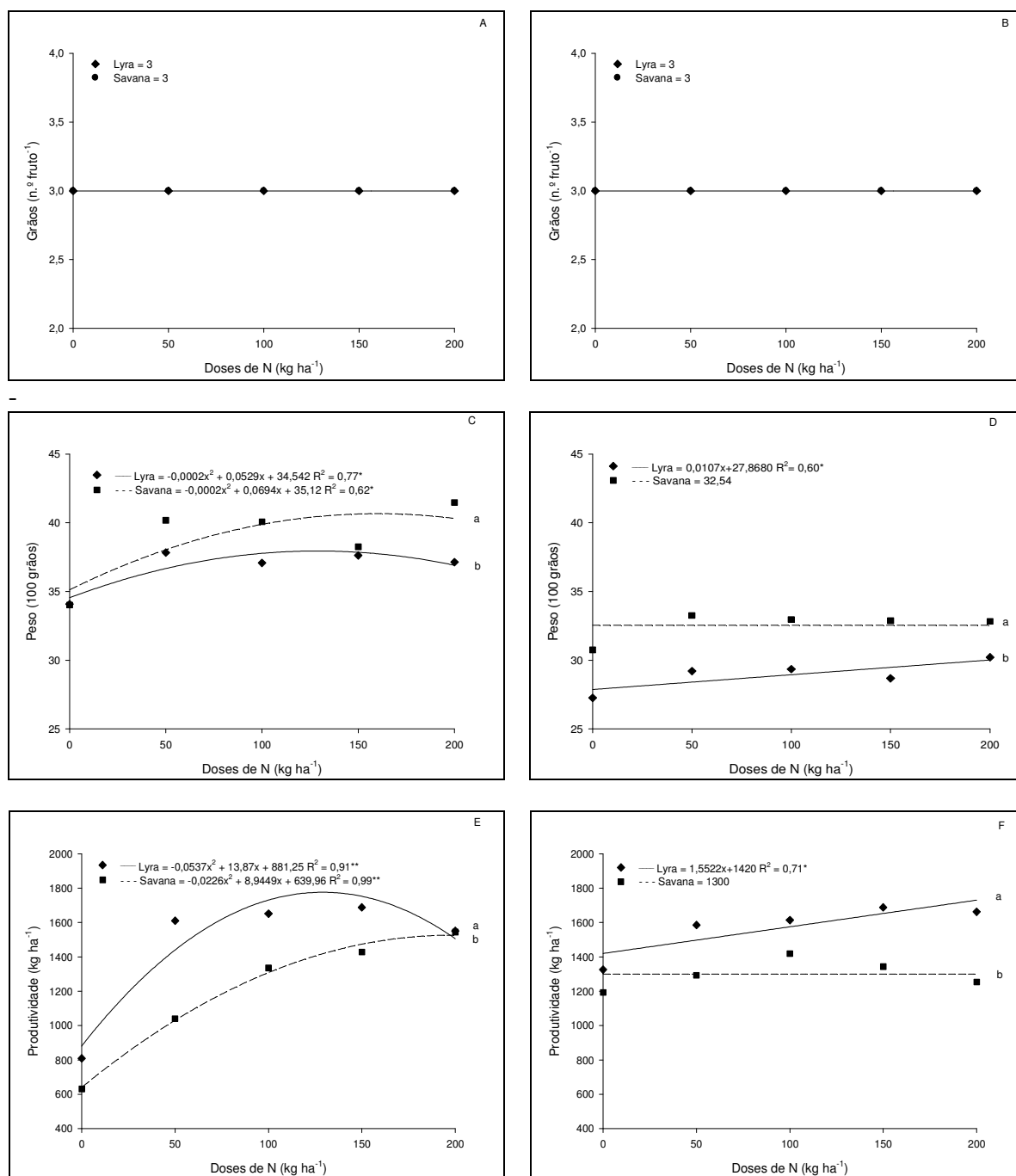


Figura 12. Grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006 (A, C e E) e safra 2006/2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.1.1.4. Fator de utilização do nitrogênio

O fator de utilização do nitrogênio é um índice que mostra a eficiência de utilização do N pelas culturas, ou seja, quanto maior o índice maior será a eficiência de uso do nitrogênio, uma vez, que este fator é a relação da produtividade incrementada em relação a testemunha, com a dose de N utilizada (kg ha^{-1}).

Analisando os dados da Tabela 4 constata-se que para ambos os híbridos, o fator de utilização do N diminuiu com a elevação das doses de N, em ambas as safras. Portanto, para ambos os híbridos a dose mais eficiente foi 50 kg ha^{-1} de N. Entre os híbridos o Lyra foi mais eficiente na utilização do N em ambas as safras. Na cultura do feijão Soratto et al. (2004) verificaram que o incremento na dose de N aumentou o fator de utilização do N nos dois sistemas de manejo do solo, ou seja, diminuiu a eficiência da adubação nitrogenada. Este comportamento foi observado para o híbrido Savana.

Tabela 4. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função de doses de N aplicadas em cobertura nos híbridos de mamona Lyra e Savana cultivados em safra de verão, no sistema plantio direto.

Híbrido	N kg ha^{-1}	Safr 2005/2006		Safr 2006/2007	
		Aumento de prod. ⁽¹⁾ kg ha^{-1}	Fator N ⁽²⁾	Aumento de prod. kg ha^{-1}	Fator N
Lyra	50	800	16,0	260	5,2
Lyra	100	842	8,4	289	2,9
Lyra	150	879	5,9	363	2,4
Lyra	200	742	3,7	337	1,7
Savana	50	409	8,2	100	2,0
Savana	100	705	7,1	226	2,3
Savana	150	798	5,3	150	1,0
Savana	200	914	4,6	61	0,3

⁽¹⁾Obtido em relação à média de produtividade na testemunha (safra 05/06 Lyra = 809 kg ha^{-1} e Savana = 630 kg ha^{-1} – safra 06/07 Lyra = 1325 kg ha^{-1} e Savana = 1193 kg ha^{-1}). ⁽²⁾ Fator de utilização do N: kg ha^{-1} de produtividade incrementada/ kg ha^{-1} de N.

6.1.2. Experimento 2 – Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura em híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto

6.1.2.1. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+

A Tabela 5 contém os dados de produção de matéria seca, N-NO_3^- e NH_4^+ da safra 2005/2006. Tais parâmetros foram influenciados pelo manejo da adubação nitrogenada e diferiram entre os híbridos (Tabela 6).

A matéria seca de ambos os híbridos foi afetada pelos tratamentos, sendo que a aplicação de N, independente da forma de parcelamento proporcionou maiores valores em relação a testemunha (Tabela 5). Em todas as formas de parcelamento, bem como na testemunha, o híbrido Savana foi superior ao Lyra, isto ocorreu devido ao maior crescimento do híbrido Savana, que provavelmente ocorreu em decorrência do menor número de plantas por hectare. Para a cultura do feijoeiro, em sucessão ao milho em plantio direto Soratto et al. (2001) também verificaram efeito da aplicação de N em cobertura na produção de matéria seca.

Os dados para o teor de nitrato diferiram entre os híbridos de mamona. Maiores teores foram observados para o híbrido Savana, com exceção do tratamento 100-0. Também houve diferença em função do parcelamento da adubação nitrogenada (Tabela 5). Para ambos os híbridos a medida em que a quantidade de N foi elevada na primeira época de aplicação (20 DAE) os teores de N-NO_3^- aumentaram, exceção para o híbrido Lyra quando recebeu 100% do N aos 20 DAE. A primeira época de aplicação de N influenciou mais nos resultados, visto que a aplicação em segunda época foi muito próxima a coleta das folhas (5 dias) para diagnose foliar, portanto, o N do fertilizante provavelmente ainda não estava disponível.

Quanto ao NH_4^+ apenas os teores do híbrido Lyra foram influenciados pelo manejo da adubação nitrogenada (Tabela 5). Os maiores valores foram observados quando não houve aplicação de N na primeira época (testemunha e 0-100), fato que reforça as constatações discutidas para o nitrato. Embora as condições para a nitrificação sejam favoráveis, os maiores teores de N-NH_4^+ em relação ao N-NO_3^- na parte aérea ocorrem por que, segundo Crawford (1995) após a entrada na célula, o nitrato é reduzido a nitrito (NO_2^-), e, logo a seguir, convertido a amônio (NH_4^+). O híbrido Lyra apresentou em média teores de

NH_4^+ superiores ao Savana. Este resultado pode ser justificado pela menor produção de matéria seca do Lyra, portanto, ocorreu efeito concentração.

Tabela 5. Produção de matéria seca, e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+ para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2005/2006.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 - 100	100 - 0
	Matéria seca					
	g planta ⁻¹					
Lyra	15,0 bB	23,7 bA	26,7 bA	25,8 bA	25,5 bA	22,0 bA
Savana	30,0 aB	39,3 aA	41,7 aA	40,0 aA	38,3 aA	41,4 aA
	Teor de N-NO_3^-					
	g kg ⁻¹					
Lyra	0,51 bC	0,66 bB	0,65 bB	0,88 bA	0,98 aA	0,68 bB
Savana	0,72 aC	0,80 aBC	0,90 aB	1,21 aA	0,86 bB	1,26 aA
	Teor de N-NH_4^+					
	g kg ⁻¹					
Lyra	3,37 aA	1,86 aCD	1,41 aD	1,81 aCD	2,76 aB	2,01 aC
Savana	1,63 bA	1,55 aA	1,51 aA	1,29 bA	1,53 bA	1,19 bA

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t - DMS (P=0,05).

Tabela 6. Análise da variância e coeficiente de variação para matéria seca, nitrato, amônio e diagnose foliar dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safra 2005/2006.

Variáveis	MS	NO_3^-	NH_4^+	NT	P	K	Ca	Mg	S
	g planta	g kg ⁻¹							
Híbridos	**	**	**	ns	ns	**	Ns	*	*
Manejo N	**	**	**	**	ns	**	Ns	ns	**
H x M	ns	**	**	ns	ns	**	Ns	ns	*
CV 1	16,1	6,80	24,5	6,94	18,0	4,95	14,1	13,9	11,4
CV 2	10,3	8,97	16,7	3,76	8,38	4,43	11,3	13,2	9,34

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

A Tabela 7 contém os dados de produção de matéria seca, N-NO_3^- e NH_4^+ da safra 2006/2007. Tais parâmetros foram influenciados pelo manejo da adubação nitrogenada e os teores de nitrato e amônio diferiram entre os híbridos (Tabela 8).

Os dados de produção de matéria seca de ambos os híbridos foram influenciados pelas formas de parcelamento da adubação nitrogenada. Os maiores valores foram observados quando as doses na primeira época de aplicação foram iguais ou superior a 50 kg ha^{-1} de N (Tabela 7). Isto ocorreu, devido a dose de N na primeira época com o parcelamento 30-70 ser baixa. Quanto as formas de parcelamento em que aplicou-se maiores quantidades de N na segunda época não foram eficientes em razão do curto espaço de tempo entre a aplicação e a coleta das plantas para determinação da matéria seca. A segunda aplicação do fertilizante nitrogenado foi realizada aos 40 DAE após a emergência e a coleta das folhas para determinação da MS foi aos 45 DAE. Isto explica a baixa influência do N aplicado em segunda época.

Em estudo com épocas de aplicação de N para cultura do feijão em sucessão ao milho em sistema plantio direto, Soratto et al. (2001) verificaram que a aplicação de todo o N aos 15 DAE proporcionou maior acúmulo de matéria seca nas plantas, quando comparada com a aplicação aos 25 e 35 DAE, provavelmente em razão da maior demanda de N pela cultura provocada pela menor taxa de mineralização da matéria orgânica.

No presente trabalho a razão que justifica a igualdade na produção de MS entre os híbridos pode estar relacionada ao baixo vigor das sementes para o Savana. Este fato foi comprovado em laboratório e no campo, em razão da emergência desuniforme. Além do que, após a semeadura o volume de chuvas foi menor (Figura 1) em relação a safra 2005/2006. Estes fatos prejudicaram o maior potencial de crescimento do híbrido Savana.

Avaliando-se os dados para o teor de nitrato (Tabela 7) constatou-se diferença entre os híbridos. De modo geral, os teores de N-NO_3^- foram maiores para híbrido Lyra, ao contrário da safra 2005/2006. A redução do volume de chuvas parece ter afetado o híbrido Savana quanto a capacidade de absorver N-NO_3^- . Porém, são necessários estudos mais detalhados para que esta informação seja confirmada. Os dados de N-NO_3^- também foram influenciados pelos tratamentos. Assim como na safra anterior, a medida que elevou-se a quantidade de N aplicada na primeira época (20 DAE) os teores de N-NO_3^- aumentaram. O maior teor de N-NO_3^- , foi observado no híbrido Lyra com o manejo 70-30.

Para os teores de NH_4^+ as formas de parcelamento influenciaram os dados de ambos os híbridos (Tabela 7). Este resultado também foi observado na safra 2005/2006. Esta constatação confirma a predominância de N-NO_3^- , em solos cultivados no sistema plantio direto e também as condições favoráveis à nitrificação, visto que a quantidade de nitrato e amônio no fertilizante nitrogenado é a mesma.

Tabela 7. Produção de matéria seca, e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+ para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2006/2007.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 - 100	100 - 0
Matéria seca						
g planta ⁻¹						
Lyra	22,9 aD	28,6 aC	33,7 aABC	34,6 aA	28,7 aBC	33,9 aAB
Savana	22,8 aB	24,9 aB	32,5 aA	31,5 aA	24,5 aB	34,0 aA
Teor de N-NO_3^-						
g kg ⁻¹						
Lyra	0,42 aC	0,42 bC	0,88 aB	1,19 aA	0,36 aC	0,82 aB
Savana	0,41 aD	0,53 aC	0,62 bBC	0,66 bB	0,22 bE	0,85 aA
Teor de N-NH_4^+						
g kg ⁻¹						
Lyra	0,59 aA	0,50 aBC	0,46 aBC	0,52 aAB	0,48 aBC	0,43 aC
Savana	0,41 bA	0,35 bA	0,36 bA	0,36 bA	0,40 bA	0,40 aA

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t - DMS (P=0,05).

Tabela 8. Análise da variância e coeficiente de variação para matéria seca, nitrato, amônio e diagnose foliar dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safra 2006/2007.

Variáveis	MS	NO_3^-	NH_4^+	NT	P	K	Ca	Mg	S
	g planta	g kg ⁻¹							
Híbridos	Ns	**	**	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
Manejo N	**	**	*	**	*	ns	Ns	ns	**
H x M	Ns	**	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
CV 1	8,17	1,85	6,57	6,97	12,1	11,3	9,83	9,55	12,1
CV 2	12,8	12,0	12,8	4,54	12,3	10,2	10,9	13,8	14,6

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

6.1.2.2. Diagnose Foliar

A Tabela 9 contém os dados de N, P, K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006. A análise de variância da diagnose foliar está contida na Tabela 6.

O dados para o teor de N-total não diferiram entre os híbridos. Porém, o parcelamento da adubação nitrogenada causou alteração nos teores de N de ambos os híbridos (Tabela 9). Para o híbrido Lyra observou-se que, a medida que as doses de N na primeira época de aplicação foram elevadas o teor foliar de N aumentou. Com exceção da forma de parcelamento 30-70 as demais diferiram da testemunha. Para o híbrido Savana o efeito do manejo do N foi semelhante, com a diferença de que o teor de N em todas as formas de parcelamento diferiram da testemunha, exceção ao parcelamento 0-100. Para a cultura do feijão Carvalho et al. (2003) observaram que a época de aplicação de N não influenciou o teor de N nas folhas; contudo, à medida que as doses de N aplicado em cobertura foram maiores, houve incremento no teor de N nas folhas.

Quanto ao teor de P nenhuma das causas de variação afetou os resultados (Tabela 9). Segundo Adams (1981) a absorção de ânion, estimulada pela adubação nitrogenada somente ocorrerá se houver desbalanço entre amônio e nitrato, ou seja, maiores proporções de amônio. O contrário também é válido, ou seja, maiores quantidades de nitrato favorecerão a absorção de cátions. Apesar dos teores de amônio terem sido maiores do que os de nitrato não foram suficientes para que ocorresse desbalanço e alterações na absorção de P. Os teores médios de P, em ambos os híbridos foram superiores a faixa adequada prescrita por Malavolta et al. (1997).

O teor de K diferiu entre os híbridos, todas as formas de parcelamento propiciaram maiores valores de K para o híbrido Lyra (Tabela 9). Os dados também foram influenciados pelo parcelamento da adubação nitrogenada. Para o híbrido Lyra as formas de parcelamento que propiciaram maior teor de K foram as que o N foi fornecido em uma única época (0-100 aos 40 DAE e 100-0 aos 20 DAE). Estas duas formas de N apenas não diferiram da forma de parcelamento 50-50. Para o híbrido Savana o maior teor de K foi observado para forma de parcelamento 30-70, que não diferiu da forma 50-50. Em ambos os híbridos a testemunha teve os menores teores de K, exatamente onde se constatou os maiores teores de $N-NH_4^+$. Segundo Marschner (1995), o excesso de NH_4^+ , pode inibir a absorção de K pelas

raízes, pois estes dois cátions monovalentes competem por sítios de troca da membrana plasmática das células radiculares, por possuírem propriedades físico-químicas semelhantes. Os teores de K, em ambos os híbridos foram inferiores a faixa adequada preconizada por Malavolta et al. (1997).

O teor de Ca não foi influenciado por nenhuma das causas de variação (Tabela 9). O valores obtidos estão dentro da faixa adequada que é de 15-25 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997). Cerca de 70% dos cátions e ânions absorvidos pelas plantas são representados pelo NH₄⁺ ou pelo NO₃⁻. Segundo Adams (1981) a absorção de cátions ou ânions estimulada pela adubação nitrogenada somente ocorrerá se houver desbalanço entre amônio e nitrato. Portanto, as diferenças nos teores N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ não foram suficientes para alterar a absorção de íons.

Quanto ao Mg os teores também não foram influenciados pelos fatores (Tabela 9). Este resultado é justificado da mesma forma como descrito para o Ca. De acordo com Malavolta et al. (1997) os valores foram adequados (2,5-3,5 g kg⁻¹)

O teor de S diferiu entre os híbridos somente para a forma de parcelamento 100-0 (Tabela 9). O parcelamento da adubação nitrogenada afetou os teores de S em ambos os híbridos. Para o híbrido Lyra os maiores teores de S foram observados no parcelamento 30-70 e na testemunha, justamente onde se observou os menores teores de N-NO₃⁻. Para o híbrido Savana as formas de parcelamento cuja dose de N na primeira época de aplicação foi igual ou superior a 70 kg ha⁻¹, causaram a redução dos teores de S. Segundo Büll (1993) o fornecimento inadequado de um desses nutrientes acarreta no desbalanceamento entre ambos. De acordo com Malavolta (1986) quando se eleva a dose de N na adubação é necessário aumentar proporcionalmente a dose de S, a fim de garantir o equilíbrio destes nutrientes na planta. Os teores de médios de S estiveram acima da faixa adequada (3-4 g kg⁻¹). Observando os dados em cada forma de parcelamento, verificou-se que o teor de S esteve abaixo da faixa adequada apenas no parcelamento 100-0 para o híbrido Savana.

Tabela 9. Teores de N, P K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2005/2006.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 - 100	100 - 0
Teor de N-Total						
g kg ⁻¹						
Lyra	49,3 aC	51,5 aBC	53,0 aAB	55,3 aA	53,7 aAB	56,0 aA
Savana	49,4 aB	53,0 aA	53,8 aA	52,7 aA	52,2 aAB	54,3 aA
Teor de Fósforo						
g kg ⁻¹						
Lyra	4,5 aA	4,2 aA	4,0 aA	4,3 aA	4,2 aA	4,1 aA
Savana	4,0 aA	4,5 aA	4,1 aA	4,0 aA	4,0 aA	4,0 aA
Teor de Potássio						
g kg ⁻¹						
Lyra	23,8 aC	25,0 aBC	26,0 aAB	23,6 aC	26,8 aA	26,8 aA
Savana	20,0 bB	22,0 bA	20,7 bAB	20,3 bB	20,0 bB	19,5 bB
Teor de Cálcio						
g kg ⁻¹						
Lyra	16,2 aA	17,5 aA	17,4 aA	16,0 aA	17,5 aA	17,0 aA
Savana	16,6 aA	17,2 aA	17,9 aA	17,0 aA	17,1 aA	17,1 aA
Teor de Magnésio						
g kg ⁻¹						
Lyra	2,7 aA	3,1 aA	3,1 aA	3,1 aA	2,7 bA	3,2 aA
Savana	3,2 aA	3,4 aA	3,6 aA	3,6 aA	3,3 aA	3,4 aA
Teor de Enxofre						
g kg ⁻¹						
Lyra	4,6 aA	4,6 aA	4,1 aAB	3,9 aB	4,3 aAB	4,1 bAB
Savana	4,4 aA	4,1 aA	4,2 aA	3,5 aB	4,3 aA	2,9 aC

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t - DMS (P=0,05).

A Tabela 10 contém os dados de N, P, K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2006/2007. A análise de variância da diagnose foliar está contida na Tabela 8.

O teor de N-total foi influenciado pelos tratamentos em ambos os híbridos (Tabela 10). Para o híbrido Lyra houve incremento dos teores de N sendo que as formas que diferiram da testemunha foram aquelas em que o fornecimento de N na primeira época foi igual ou superior a 50 kg ha⁻¹ de N. Resultado semelhante foi observado para o híbrido Savana, no entanto, todas as formas de parcelamento N diferiram da testemunha. Os teores de N estiveram adequados (40-50 g kg⁻¹) para a testemunha e para o parcelamento 0-

100 em ambos os híbridos. Nas demais formas de parcelamento os teores foram superiores a faixa adequada (MALAVOLTA et al., 1997).

Analisando os resultados da Tabela 10, constatou-se que o teor de P não diferiu entre os híbridos. Porém, o teor de P foi influenciado pelas formas de parcelamento, as quais causaram decréscimo dos valores em relação à testemunha, em ambos os híbridos. Os maiores teores foram verificados na testemunha justamente onde os teores de NH_4^+ foram maiores. De acordo com Adams (1981) a maior absorção de ânions ocorre como forma de compensar a quantidade de N absorvida na forma de cátion (N-NH_4^+). Na safra 2005/2006 (Tabela 9) os teores de P estiveram dentro da faixa adequada preconizada por Malavolta et al. (1997). A partir dos dados da Tabela 10 constata-se que na safra 2006/2007 além dos valores menores, em relação a safra passada, somente o teor de P para a testemunha esteve dentro da faixa adequada (3-4 g kg^{-1}). O menor volume de chuvas e conseqüentemente menor umidade do solo na safra 2006/2007 pode ter prejudicado a absorção do P.

O teor de K não foi alterado por nenhuma das causas de variação (Tabela 10). Os teores médios de K em ambos os híbridos estiveram dentro da faixa adequada (30-40 g kg^{-1}) segundo Malavolta et al. (1997).

Não foi constatado efeito dos fatores para os teores de Ca e Mg (Tabela 10). Os valores de Ca estavam abaixo da faixa adequada (15-25 g kg^{-1}) preconizada por Malavolta et al. (1997). Nesta safra a intensidade de chuvas no início do desenvolvimento dos híbridos foi baixa (Figura 1). Como o Ca é transportado por fluxo de massa a falta de umidade no solo pode ter prejudicado o transporte, acarretando redução na quantidade absorvida.

A absorção de Mg, assim como a de Ca somente é afetada pela adubação nitrogenada quando ocorre desbalanço entre cátions e ânions em virtude da alteração nas proporções de NO_3^- e NH_4^+ . Os valores de Mg estavam dentro da faixa adequada que é de 2,5-3,5 g kg^{-1} (MALAVOLTA et al. 1997).

O teor de S não diferiu entre os híbridos, no entanto, foi afetado pelo manejo da adubação nitrogenada (Tabela 10). Para ambos os híbridos o maior teor de S foi observado para a testemunha. Ficou claro mais uma vez que o N afeta a absorção de S, conforme discutido na safra 2005/2006. Os valores de S estavam dentro da faixa adequada (3-4 g kg^{-1}) preconizada por Malavolta et al. (1997).

Tabela 10. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2006/2007.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 - 100	100 - 0
Teor de N-Total						
g kg ⁻¹						
Lyra	48,5 aC	50,1 aBC	54,0 aA	52,6 aAB	48,5 aC	52,7 aAB
Savana	44,2 bC	50,7 aAB	51,3 aAB	51,0 aAB	48,2 aB	52,0 aA
Teor de Fósforo						
g kg ⁻¹						
Lyra	3,4 aA	2,8 aB	2,9 aB	2,8 aB	2,7 aB	2,8 aB
Savana	3,2 aA	2,6 aB	2,8 aB	2,6 aB	2,8 aB	2,8 aB
Teor de Potássio						
g kg ⁻¹						
Lyra	28,6 aA	28,7 aA	29,8 aA	31,1 aA	28,5 aA	31,8 aA
Savana	31,0 aA	29,3 aA	32,0 aA	31,2 aA	29,3 aA	29,4 aA
Teor de Cálcio						
g kg ⁻¹						
Lyra	14,2 aA	14,3 aA	14,4 aA	14,1 aA	15,8 aA	13,8 aA
Savana	14,1 aA	14,3 aA	14,8 aA	14,5 aA	14,4 aA	13,3 aA
Teor de Magnésio						
g kg ⁻¹						
Lyra	3,0 aA	3,0 aA	3,4 aA	3,4 aA	3,7 aA	3,2 aA
Savana	3,3 aA	3,5 aA	3,7 aA	3,6 aA	3,2 aA	3,4 aA
Teor de Enxofre						
g kg ⁻¹						
Lyra	4,8 aA	3,3 aB	3,5 aB	3,2 aB	3,7 aB	3,0 aB
Savana	4,2 aA	4,0 aAB	3,4 aB	3,5 aAB	3,6 aAB	3,7 aAB

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t - DMS (P=0,05).

6.1.2.3. Componentes da produção

A Tabela 11 contém os dados dos componentes da produção dos híbridos de mamona Lyra e Savana na safra 2005/2006. A análise de variância dos componentes de produção está contida na Tabela 12.

O estande final de planta não foi afetado pelo manejo da adubação nitrogenada em ambos os híbridos, na safra 2005/2006 (Tabela 11). A diferença na população entre os híbridos é decorrente da maior densidade de plantas recomenda para o híbrido Lyra.

Quanto ao número de racemos por planta na safra 2005/2006 (Tabela 11) observou-se diferença entre os híbridos e efeito do parcelamento do N. O maior número de racemos do híbrido Savana é uma característica genética deste material, pois apresenta maior capacidade de engalhamento. Para o híbrido Lyra todas as formas de parcelamento de N proporcionaram aumento no número de racemos, diferindo da testemunha. O mesmo foi constatado no Savana. Na cultura do feijão Meira et al. (2005) verificaram que doses e épocas de aplicação de N em relação à testemunha, sob o sistema plantio direto, não influenciaram o número de vagens por planta.

O número de frutos do híbrido Savana na safra 2005/2006 foi superior ao Lyra, nas formas de parcelamento de N 50-50, 0-100 e 100-0 (Tabela 11). O maior número de frutos no híbrido Savana ocorreu devido ao maior tamanho dos racemos. Apesar deste parâmetro não ter sido determinado observou-se que os racemos do híbrido Savana eram mais longos em relação ao Lyra. Todas as formas de N incrementaram o número de frutos, tanto do Lyra quanto do Savana, quando comparadas a testemunha. O menor número de racemos por planta e número de frutos por racemos na testemunha ocorreu em decorrência do baixo desenvolvimento dos híbridos comprovado pela produção de MS (Tabela 5). Silva et al. (2007) constataram que o número de frutos do híbrido de mamona Sara teve seus dados influenciados de forma quadrática pelas doses de N.

O número de grãos por fruto não foi afetado pelos fatores (Tabela 11) Este componente de produção não é afetado por ser uma característica genética pouco influenciada pelo ambiente.

O peso de 100 grãos diferiu entre os híbridos. Maiores pesos foram observados para o híbrido Savana, principalmente nos parcelamentos 30-70, 0-100 e na testemunha (Tabela 11). Este componente de produção também foi influenciado pelo manejo da adubação nitrogenada. Para o híbrido Lyra os menores pesos foram observados na testemunha e no parcelamento 30-70. As demais formas de parcelamento não diferiram entre si, no entanto, todas diferiram da testemunha. Quanto ao híbrido Savana o menor peso também foi observado na testemunha, que diferiu do parcelamento 30-70 e 0-100. As formas de parcelamento não diferiram entre si.

A produtividade de grãos diferiu entre os híbridos, na testemunha (Tabela 11). Neste caso, o híbrido Lyra produziu mais que o Savana provavelmente em razão

da maior população de plantas. Os dados também foram influenciados pelo manejo da adubação nitrogenada, que propiciou aumento de produtividade em todas as formas de parcelamento de N para ambos os híbridos. Aumento de produtividade na cultura da mamona em função da adubação nitrogenada, também foi verificado por Severino et al. (2006).

Tabela 11. Estande final de plantas, racemos por planta, frutos por racemos, grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2005/2006.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 - 100	100 - 0
Estande Final						
plantas ha ⁻¹						
Lyra	42.248 aA	42.894 aA	42.682 aA	43.060 aA	43.634 aA	42.642 aA
Savana	25.082 bA	25.004 bA	24.772 bA	24.496 bA	23.168 bA	23.972 bA
Racemos						
n.º planta ⁻¹						
Lyra	1,7 aB	1,9 bA	1,9 bA	1,9 bA	1,9 bA	2,0 bA
Savana	1,8 aB	2,6 aA	2,3 aA	2,5 aA	2,5 aA	2,5 aA
Frutos						
n.º racemo ⁻¹						
Lyra	17,0 aB	21,0 aA	20,0 bA	20,5 aA	21,0 bA	20,0 bA
Savana	15,0 aC	23,0 aB	27,0 aA	23,0 aB	26,3 aA	25,0 aAB
Grãos						
n.º fruto ⁻¹						
Lyra	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA
Savana	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA
Peso						
100 grãos						
Lyra	34,5 bC	36,0 bBC	39,0 aA	39,0 aA	37 bABC	38,5 aAB
Savana	39,1 aB	42,5 aA	41,0 aAB	41,5 aAB	42,3 aA	40,8 aAB
Produtividade						
kg ha ⁻¹						
Lyra	1.139 aB	1.665 aA	1.671 aA	1.570 aA	1.709 aA	1.637 aA
Savana	727 bB	1.708 aA	1.675 aA	1.753 aA	1.724 aA	1.762 aA

* Kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t – DMS (P=0,05).

Tabela 12. Análise da variância e coeficiente de variação para componentes de produção e produtividade dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safra 2005/2006.

Variáveis	E. Final	Racemos	Frutos	Peso	Produtividade
	Plantas ha ⁻¹	N. planta ⁻¹	N. Racemo ⁻¹	100 grãos	kg ha ⁻¹
Híbridos	**	**	*	**	ns
Manejo N	ns	**	**	**	**
H x M	ns	ns	**	ns	*
CV 1	1,98	6,14	11,5	3,12	11,4
CV 2	4,69	9,36	9,52	4,67	8,87

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

A Tabela 13 contém os dados referentes aos componentes de produção da safra 2006/2007 para os híbridos de mamona Lyra e Savana. A análise de variância dos componentes de produção está contida na Tabela 14.

O estande final de planta não foi afetado pelo manejo da adubação nitrogenada em ambos os híbridos (Tabela 13). A diferença na população entre os híbridos é decorrente da maior densidade de plantas recomenda para o híbrido Lyra.

O número de racemos por plantas diferiu entre os híbridos. Os valores para o híbrido Savana foram superiores em todas as formas de parcelamento e na testemunha (Tabela 13). As razões para este fato são as mesmas relatadas para a safra 2005/2006, ou seja, o tamanho dos racemos do híbrido Savana é maior do que os do Lyra. O parcelamento da adubação nitrogenada influenciou os resultados apenas para o híbrido Savana. O menor valor para este componente foi observado na testemunha, porém diferiu apenas da forma de parcelamento 50-50.

Quanto ao número de frutos por racemos os resultados não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 13) ao contrário da safra 2005/2006 (Tabela 11). Nesta safra a diferença não ocorreu provavelmente, devido aos baixos volumes de chuvas (Figura 1) nos dois primeiros meses após a semeadura. Isso fez com que as plantas retardassem seu desenvolvimento de modo que no momento da diferenciação floral a demanda foi menor e, portanto, o N proveniente do solo foi suficiente. A redução no desenvolvimento foi mais evidente para o híbrido Savana, conforme se constata na comparação da produção de matéria seca na safra 2005/2006 (Tabela 5) com a produção da safra 2006/2007 (Tabela 7).

A exemplo da safra 2005/2006 o peso de 100 grãos diferiu entre os

híbridos. Novamente maiores pesos foram observados para o híbrido Savana (Tabela 13). A razão para este resultado é a mesma que foi relatada na safra anterior. Nesta safra os resultados não foram influenciados pelo manejo da adubação nitrogenada.

A produtividade de grãos diferiu entre os híbridos na testemunha e para as formas de parcelamento em que o N não foi aplicado em uma única época (Tabela 13). Quando houve diferença entre os híbridos o Lyra produziu mais, provavelmente em função do maior número de plantas por hectare.

Tabela 13. Estande final de plantas, racemos por planta, frutos por racemos, grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safra 2006/2007.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 -100	100 - 0
Estande Final						
plantas ha ⁻¹						
Lyra	45.173 aA	45.046 aA	45.185 aA	45.296 aA	45.082 aA	45.185 aA
Savana	25.926 bA	25.056 bA	25.092 bA	25.018 bA	25.230 bA	25.462 bA
Racemos						
n.º planta ⁻¹						
Lyra	1,93 bA	1,99 bA	1,92 bA	1,96 bA	1,94 bA	1,92 bA
Savana	2,40 aB	2,50 aAB	2,58 aA	2,46 aAB	2,52 aAB	2,50 aAB
Frutos						
n.º racemo ⁻¹						
Lyra	22,0 aA	22,9 aA	23,7 aA	22,9 aA	22,0 aA	23,0 aA
Savana	21,2 aA	19,8 aA	21,0 aA	20,3 aA	20,6 aA	21,9 aA
Grãos						
n.º fruto ⁻¹						
Lyra	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA
Savana	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA
Peso						
100 grãos						
Lyra	28,2 aA	27,6 bA	27,6 bA	29,6 aA	26,9 bA	25,5 bA
Savana	29,6 aA	33,7 aA	32,3 aA	31,9 aA	32,0 aA	32,5 aA
Produtividade						
kg ha ⁻¹						
Lyra	1.180 aC	1.490 aAB	1.536 aAB	1.635 aA	1.393 aB	1.368 aB
Savana	765 bB	1.105 bA	1.182 bA	1.076 bA	1.126 aA	1.219 aA

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t – DMS (P=0,05).

Tabela 14. Análise da variância e coeficiente de variação para componentes de produção e produtividade dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safra 2006/2007.

Variáveis	E. Final	Racemos	Frutos	Peso	Produtividade
	Plantas ha ⁻¹	N. planta ⁻¹	N. Racemo ⁻¹	100 grãos	kg ha ⁻¹
Híbridos	**	**	ns	*	**
Manejo N	ns	ns	ns	ns	**
H x M	ns	ns	ns	ns	ns
CV 1	8,13	9,04	4,20	14,4	4,00
CV 2	3,51	4,56	11,6	9,40	10,1

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

6.1.2.4. Fator de utilização do nitrogênio

O fator de utilização do N não foi determinado na safra 2005/2006, pois as formas de parcelamento não diferiram entre si, embora tenham incrementado a produção em relação a testemunha. Na safra 2006/2007 todas as formas de parcelamento proporcionaram incrementos para o híbrido Lyra (Tabela 15), no entanto, a maior eficiência na utilização do N foi constatada quando foi aplicado 70 kg ha⁻¹ de N aos 20 DAE e 30 kg ha⁻¹ de N aos 40 DAE (70-30). O híbrido Savana também proporcionou incrementos de produção em relação à testemunha, no entanto, os tratamentos não diferiram entre si, portanto, o fator de utilização de N não foi determinado. Existem poucos estudos que utilizam este fator como indicador na eficiência do uso de N. Soratto et al. (2005) utilizaram este fator para determinar a eficiência do feijoeiro. Os autores aplicaram a mesma quantidade de N (90 kg ha⁻¹) em épocas diferentes (em V4 e no início do R7) e constataram que, mediante o índice, o N foi melhor utilizado quando aplicado no estágio V4 (Fator N 0,131), enquanto que no R7 o índice foi de 0,202).

Tabela 15. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função do manejo da adubação nitrogenada de cobertura em híbridos de mamona cultivados em safra, no sistema plantio direto.

Manejo do N ⁽¹⁾	Safra 2006/2007		
	Híbrido	Aumento prod. ⁽²⁾ kg ha ⁻¹	Fator N ⁽³⁾
30-70	Lyra	310	3,1
50-50	Lyra	356	3,6
70-30	Lyra	455	4,5
0-100	Lyra	213	2,1
100-0	Lyra	188	1,9

⁽¹⁾ Aplicação de N aos 20 DAE e aos 40 DAE (fonte nitrato de amônio). ⁽²⁾ Obtido em relação à média de produtividade na testemunha (Lyra = 1180 kg ha⁻¹ e Savana = 765 kg ha⁻¹). ⁽³⁾ Fator de utilização do N: kg ha⁻¹ de produtividade incrementada/kg ha⁻¹ de N.

6.1.3. Experimento 3 – Fontes e doses de nitrogênio para o híbrido de mamona Lyra cultivado em sistema plantio direto

6.1.3.1. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia

As perdas de NH_3 na safra 2005/2006 foram mais acentuadas até o sexto dia após a aplicação (Figura 13A). Estes dados corroboram com os dados obtidos por Costa et al. (2003) que também constaram perdas de NH_3 até o sexto dia. No entanto as perdas ocorreram até o décimo primeiro dia, sendo que a quantidade acumulada, quando se utilizou a dose de 120 kg ha^{-1} de N, foi de $19,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de NH_3 , que corresponde a 16,4%. Em estudos com aplicação de uréia com vinhaça sobre palha de cana-de-açúcar Gava (1999) também verificou perdas de 19 kg ha^{-1} . A umidade do solo influenciou nas perdas de N (Figura 13B). A chuva que ocorreu entre a quarto e o quinto dia favoreceu o processo de volatilização, pois não foi suficiente para incorporar o fertilizante ao solo. Duarte et al. (2007) observaram que os diferentes fluxos de emissão de N- NH_3 provocados pelos diferentes níveis de umidade do solo resultaram em diferentes quantidades de amônia volatilizada acumulada.

Na safra 2006/2007 as perdas foram menores e a partir do quarto dia foram muito baixas (Figura 14A). Duarte et al. (2007) também verificaram redução intensa da volatilização a partir do quarto dia da aplicação. A Figura 14B que contém os valores da umidade do solo auxilia na compreensão dos resultados. As chuvas que ocorreram a partir do segundo dia de avaliação elevaram a umidade do solo e com isso a volatilização diminuiu. Cantarella et al. (1999) observaram que a ocorrência de chuvas manteve baixo o nível de volatilização. Segundo Rodrigues (1992) a redução das perdas pode indicar que a amônia moveu-se para camadas mais profundas do solo, onde o processo de volatilização é reduzido. Nesta safra a perda acumulada para o tratamento com 120 kg ha^{-1} de N após nove dias, foi de 8 kg ha^{-1} de NH_3 .

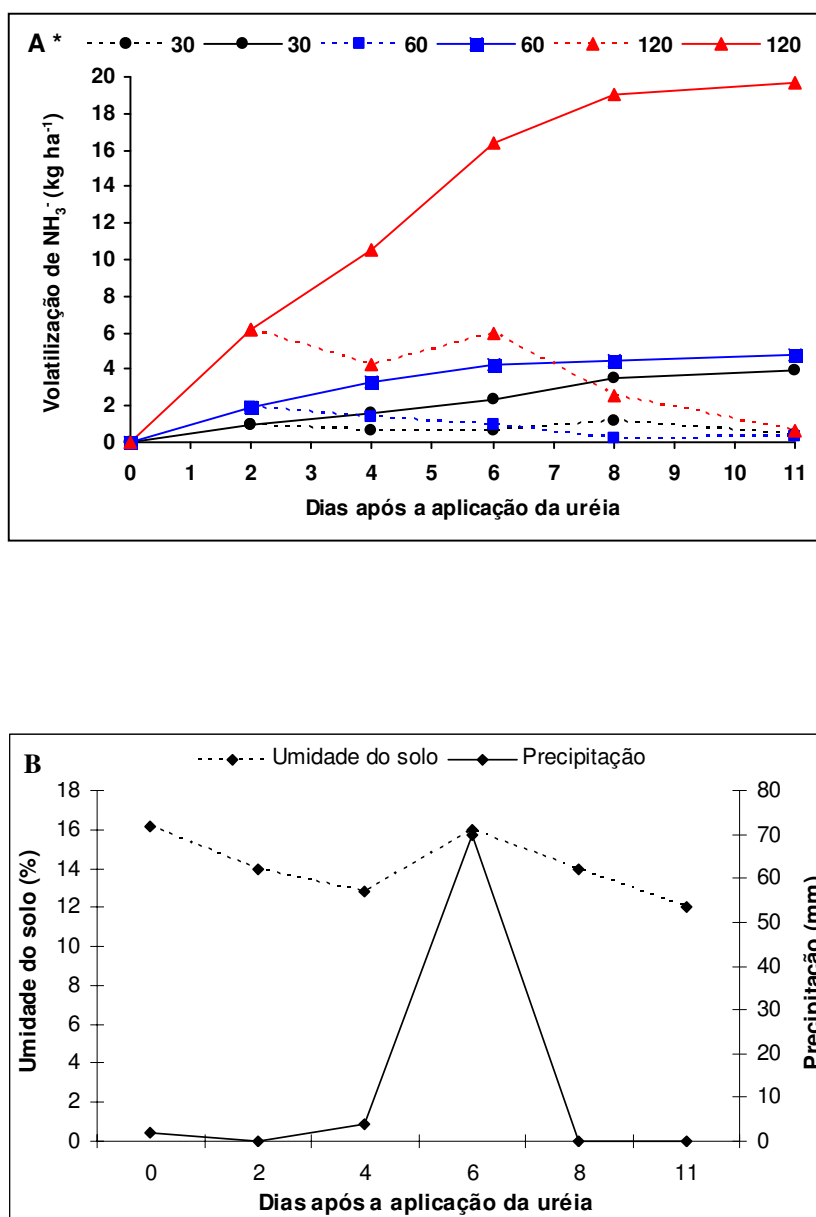


Figura 13. Perda de N por volatilização de NH_3 (A) em função de doses de N na safra 2005/2006; umidade do solo e precipitação pluvial (B) durante o período de avaliação. * Doses de N (kg ha^{-1}), --- perda de NH_3 em cada avaliação e — perda de NH_3 acumulada.

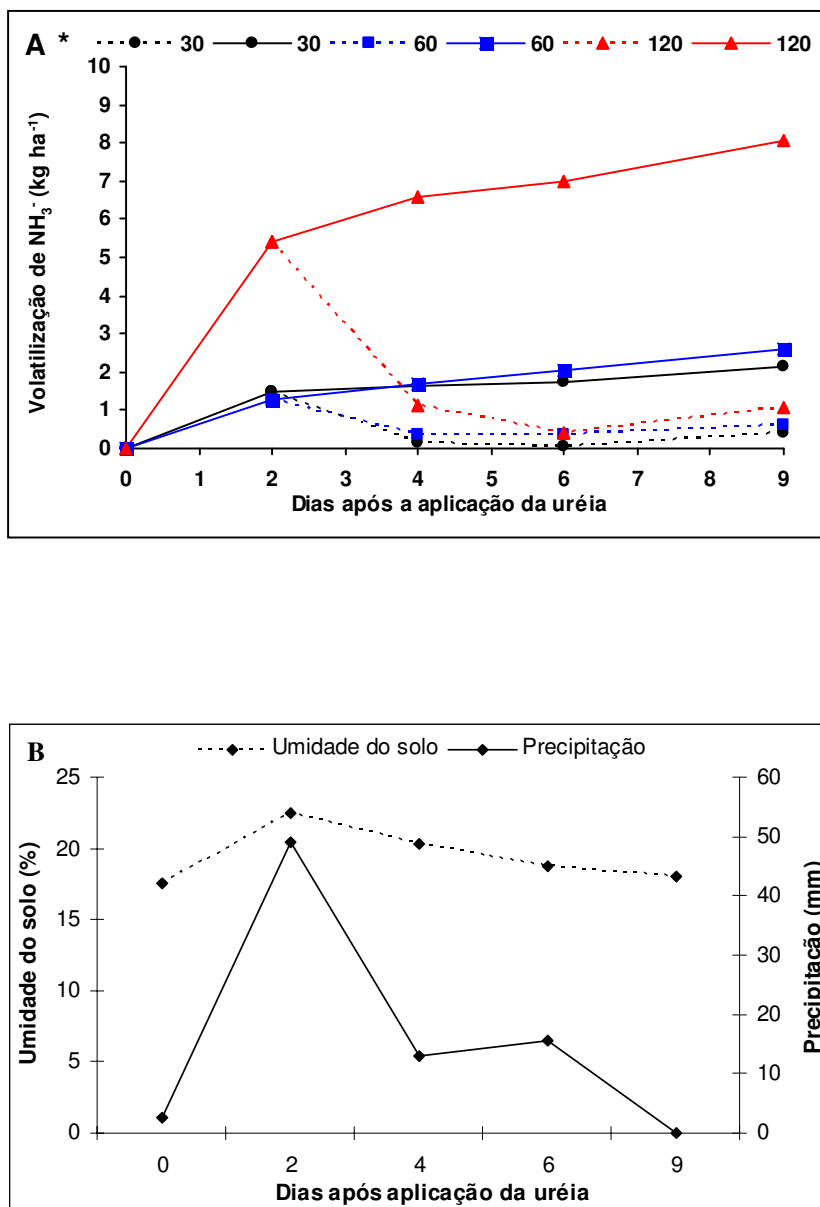


Figura 14. Perda de N por volatilização de NH₃ (A) em função de doses de N na safra 2006/2007; umidade do solo e precipitação pluvial (B) durante o período de avaliação. * Doses de N (kg ha⁻¹), --- perda de NH₃ em cada avaliação e — perda de NH₃ acumulada.

6.1.3.2. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+

A adubação nitrogenada proporcionou incremento na produção de matéria seca em ambas as safras (Figura 15A e 15B). Na safra 2005/2006 quando utilizou-se como fonte o sulfato de amônio (SA) os dados foram ajustados a função linear (Figura 15A). Quando a fonte de N utilizada foi a uréia os dados foram ajustados a função quadrática e o máximo acúmulo de MS por planta (35 g) ocorreu com a dose calculada de 76 kg ha^{-1} de N. Na safra 2006/2007 os dados de MS de ambas as fontes foram ajustados a função linear (Figura 15B). Lavres Junior et al (2005) constataram que o N é o nutriente que mais limita o crescimento de híbridos de mamona, na sua ausência a redução de produção da MS foi de 68%.

Os teores de N-NO_3^- em ambas as safras foram incrementados com a elevação das doses de N, tanto para a fonte SA, quanto para a uréia e os dados foram ajustados a função linear (Figura 15C e 15D). Como já foi discutido no Experimento 1 (item 6.1.1.1.) a maior absorção de N-NO_3^- ocorre devido as condições favoráveis a nitrificação em solos cultivados no sistema plantio direto. Nestas condições, as formas amoniacais de N são rapidamente transformadas em nitrato.

Quanto aos teores de N-NH_4^+ na safra 2005/2006 observou-se que os dados foram condizentes com os de N-NO_3^- , ou seja, com a utilização da fonte SA, constatou-se que a medida que aumentaram os teores de nitrato (Figura 15C) diminuíram os de amônio (Figura 15E). Porém a redução dos teores para a fonte uréia ocorreu até a dose calculada de 58 kg ha^{-1} , visto que os dados foram ajustados a função quadrática. Os maiores teores de N-NH_4^+ em relação ao N-NO_3^- não significam que todo esse N foi absorvida na forma amoniacal. Segundo Souza & Fernandes (2006) a assimilação do N somente ocorre na forma reduzida (NH_4^+), assim o N-NH_4^+ na parte aérea pode ser proveniente do N-NO_3^- . Na safra 2006/2007 os dados de N-NH_4^+ de ambas as fontes foram ajustados a função quadrática. O menor teor de amônio para a fonte SA ($0,40 \text{ g kg}^{-1}$) foi com a dose calculada de 90 kg ha^{-1} de N. Para a fonte uréia o menor teor ($0,34 \text{ g kg}^{-1}$) foi com a dose calculada de 87 kg ha^{-1} de N.

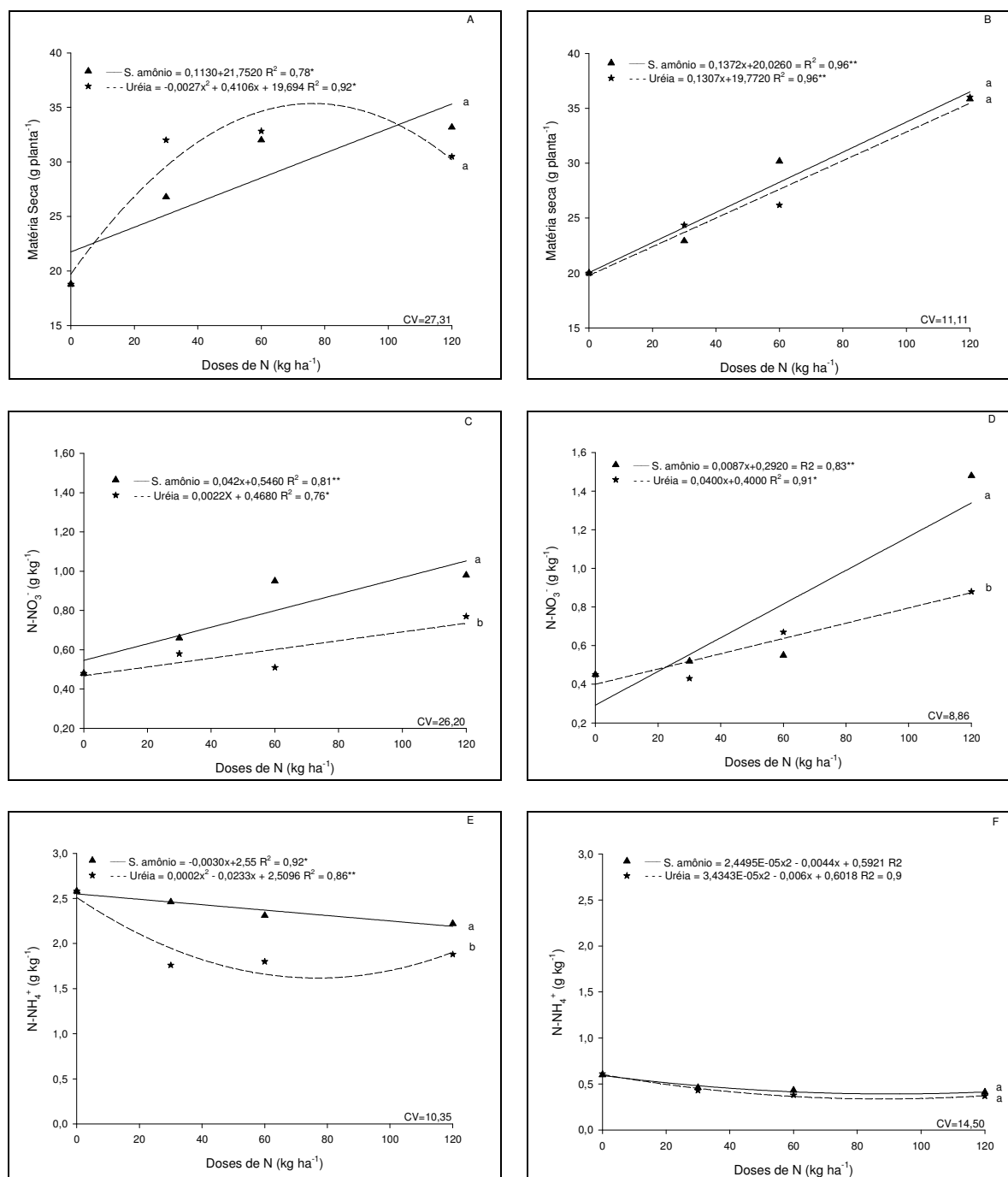


Figura 15. Produção de matéria seca, N-NO₃⁻ e NH₄⁺ para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.1.3.3. Diagnose Foliar

Os teores de N-total tanto na safra 2005/2006 (Figura 16A), quanto na safra 2006/2007 (Figura 16B) foram incrementados pelas doses de N. Na safra 2005/2006 os dados foram ajustados a função quadrática para a fonte SA e linear para a uréia. Com a fonte SA o máximo teor de N (60 g kg^{-1}) foi observado com a dose calculada de 106 kg ha^{-1} de N. Na safra 2006/2007 o ajuste dos dados a função quadrática foi observado para a fonte uréia e linear para SA, ao contrário da safra anterior. O teor máximo de N (52 g kg^{-1}) na fonte uréia foi constatado com a dose calculada de 102 kg ha^{-1} de N. O ajuste quadrático dos dados com o uso da uréia não ocorreu por excesso de N. O valor de N-total observado para as duas fontes quando se aplicou a maior dose (120 kg ha^{-1} de N) foram iguais e, essa dose não foi suficiente para atingir o valor máximo com a fonte SA. Em ambas as safras os valores obtidos estavam dentro da faixa adequada que é de $40\text{-}50 \text{ g kg}^{-1}$ (MALAVOLTA et al. 1997).

Quanto ao teor de P e K, na safra 2005/2006 constata-se que para a fonte SA os dados foram ajustados a função linear e que a fonte uréia não afetou os resultados (Figura 16C, 16D, 16E e 16F). Na safra 2006/2007 ambas as fontes não influenciaram os teores destes elementos. Os teores de P estiveram dentro da faixa adequada nas duas safras ($3\text{-}4 \text{ g kg}^{-1}$ da MS). Os teores do K em ambas as safras foram superiores quando foi utilizada a fonte SA. Foloni et al. (2006) observaram que a adubação de cobertura com sulfato de amônio no algodão elevou as concentrações de K^+ na solução do solo. Isto explica os maiores teores de K na parte aérea para a fonte SA embora, os valores observados estiveram abaixo da faixa adequada ($30\text{-}40 \text{ g kg}^{-1}$) preconizada por Malavolta et al. (1997).

Os teores de Ca e Mg não foram afetados pelas fontes e doses de N em ambas as safras (Figura 17A, 17B, 17C e 17D). Os teores de Ca estiveram muito próximos a faixa adequada ($15\text{-}25 \text{ g kg}^{-1}$) e os valores para o Mg estiveram dentro da faixa suficiência ($2,5\text{-}3,5 \text{ g kg}^{-1}$) apresentadas por Malavolta et al. (1997).

Quanto ao teor de S, observou-se que o aumento das doses de N na forma de uréia ocasionou decréscimo linear dos teores, tanto na safra 2005/2006 (Figura 17E) quanto na safra 2006/2007 (Figura 17F), apesar de ter sido feita a compensação deste nutriente com gesso agrícola. O SA não influenciou os resultados, por apresentar 22% de S em sua composição. As razões detalhadas de como o N interfere na absorção do S estão descritas no item 6.1.1.2.

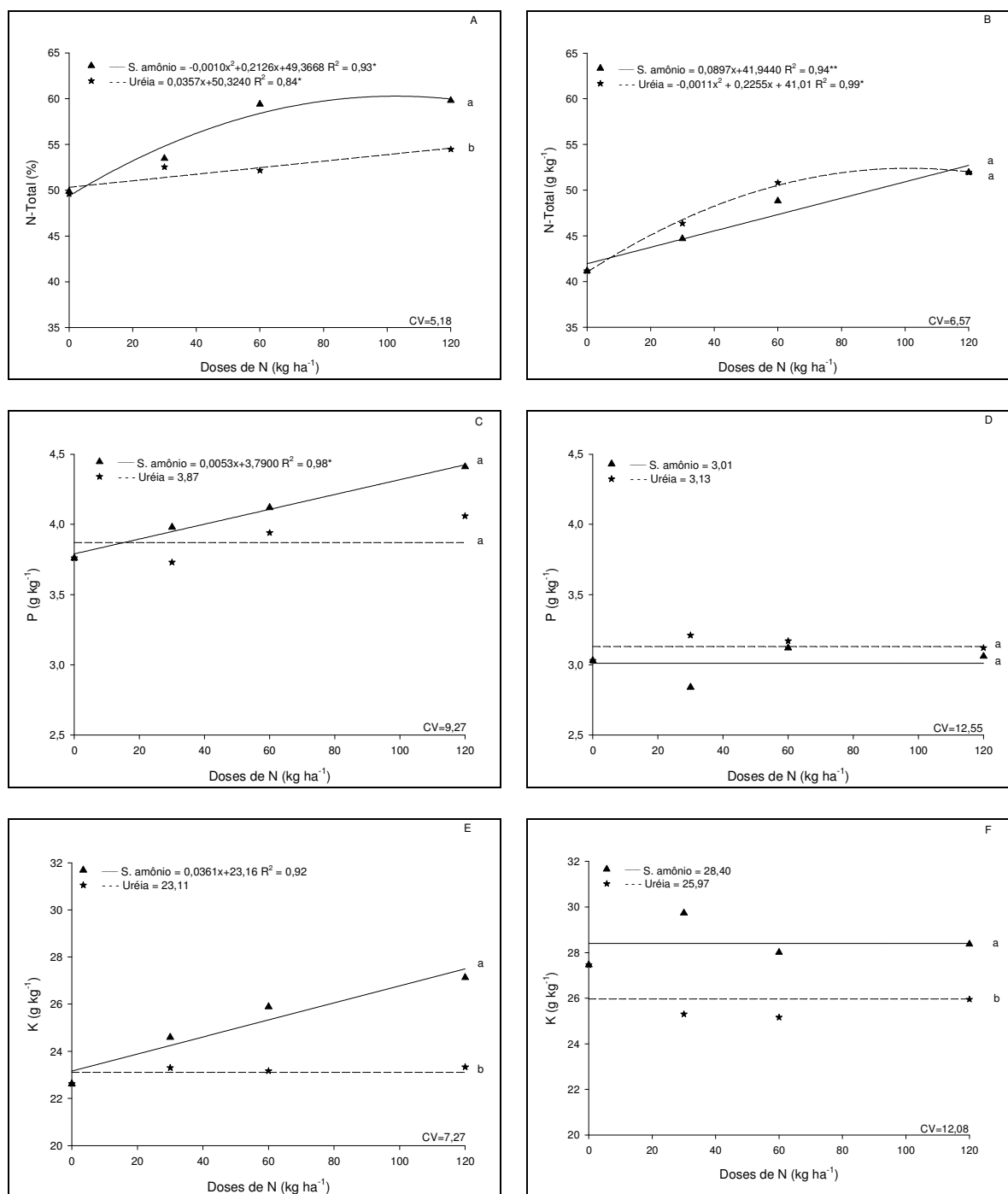


Figura 16. Teores de N, P e K para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e na safra 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

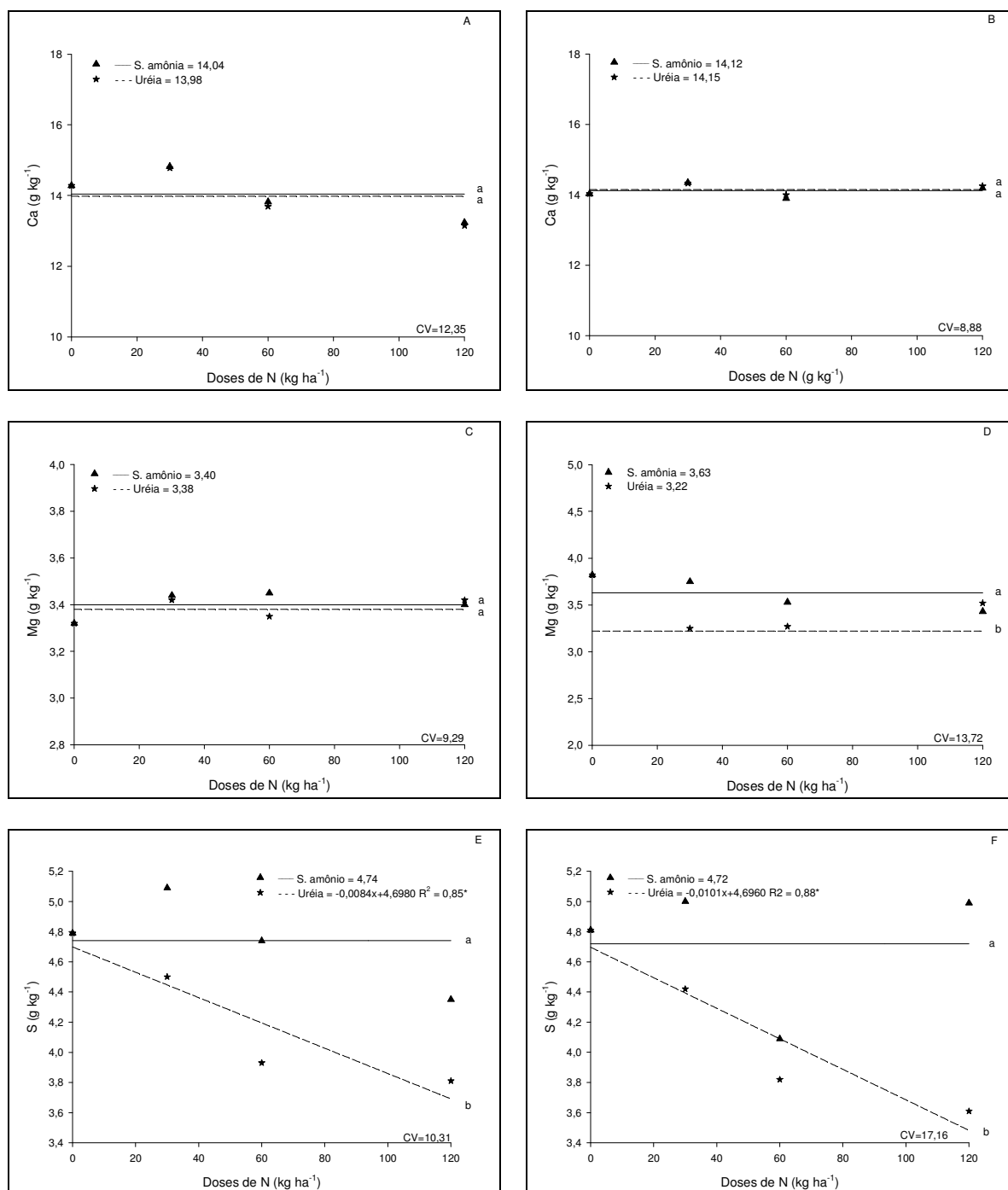


Figura 17. Teores de Ca, Mg e S para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.1.3.4. Componentes da produção

O estande final de plantas não foi influenciado pelas fontes e doses de nitrogênio em ambas as safras (Figura 18A e 18B).

Quanto ao número de racemos constatou-se incremento linear com o aumento da dose de N apenas na safra 2005/2006 para ambas as fontes (Figura 18C). Na safra 2006/2007 as fontes de N não interferiram no resultado (Figura 18D). Silva et al. (2007) também não constataram efeito de doses no número de racemos do híbrido Sara, porém neste caso a cultura antecessora foi o feijão.

O número de frutos por racemos não diferiu entre as fontes na safra 2005/2006, mas foi afetado pelas doses de N. Os dados de ambas as fontes foram ajustados a função quadrática (Figura 18E). Para a fonte SA o maior número de frutos por racemo (25,3) ocorreu com a dose calculada de 97 kg ha⁻¹ de N. Em relação a uréia o maior valor (26,0) foi obtido com a dose calculada de 86 kg ha⁻¹ de N. Na safra 2006/2007 (Figura 18F) o ajuste dos dados para a fonte SA foi linear. Para a fonte uréia os dados foram ajustados a função quadrática e o maior valor (26,3 frutos racemo⁻¹) ocorreu com a dose calculada de 79 kg ha⁻¹ de N. Ajuste quadrático para o número de frutos na cultura da mamona (híbrido Sara) também foi verificado por Silva et al. (2007), sendo que a maior quantidade de frutos foi obtida com a dose calculada de 80 kg ha⁻¹ de N.

O número de grãos por frutos não diferiu entre as fontes e também não foi afetado pelas doses de N. Este comportamento foi constatado tanto na safra 2005/2006 (Figura 19A), quanto na safra 2006/2007 (Figura 19B). Como já discutidos nos Experimentos 1 e 2, este componente de produção é pouco influenciado pelo ambiente, ou por fatores exógenos, pois é uma característica de alta herdabilidade. Na cultura do feijoeiro, a variável que tem essa mesma característica é o número de grãos por vagem (ANDRADE et al., 1998).

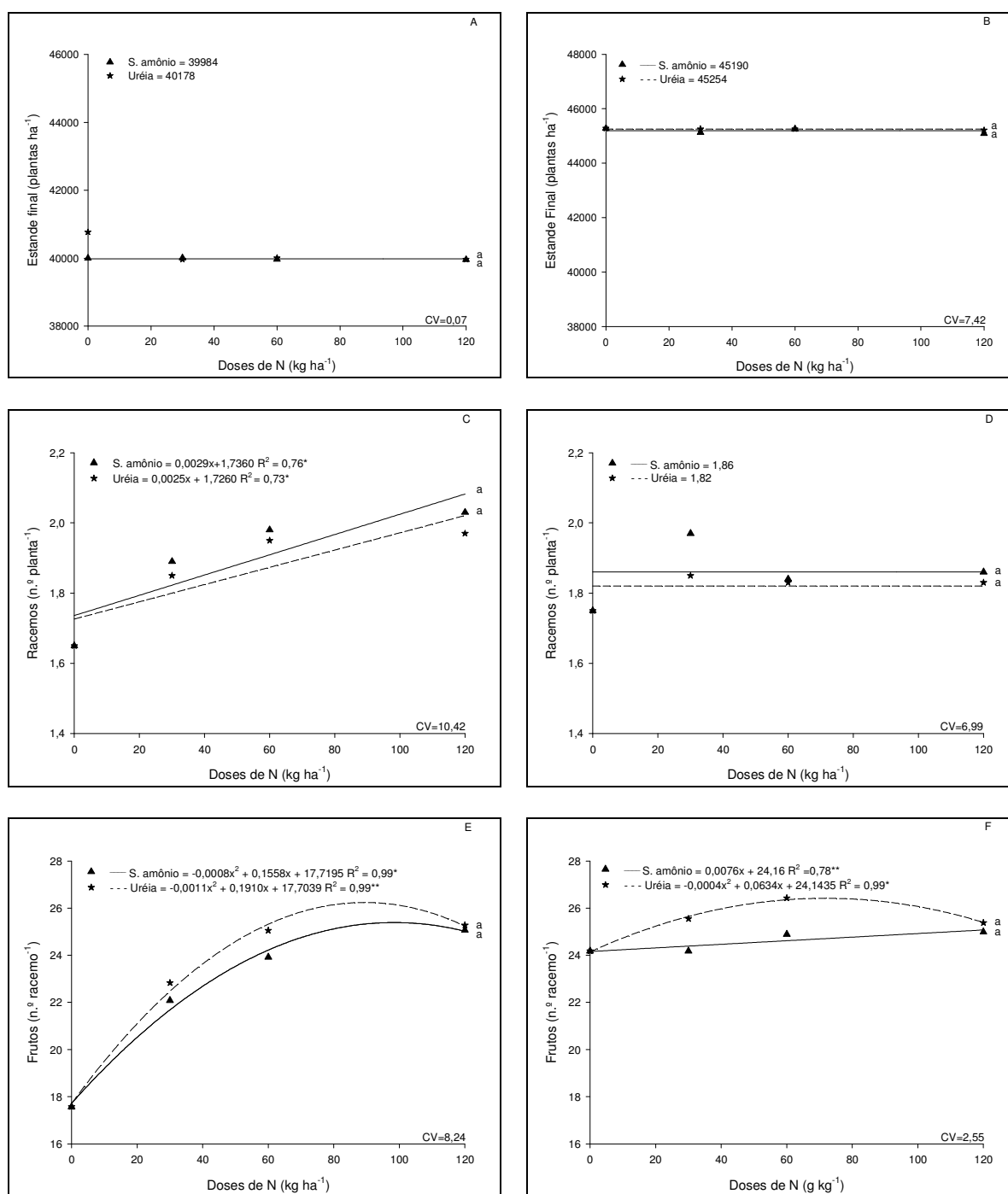


Figura 18. Estande final de plantas, racemos por planta e frutos por racemos para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

O peso de 100 grãos na safra 2005/2006 foi influenciado pelas doses de N e os dados foram ajustados a função quadrática em ambas as fontes (Figura 19C). Para a fonte SA o maior peso de 100 grãos (33,5 g) ocorreu com a dose calculada de 77 kg ha⁻¹ de N e para a fonte uréia o maior peso (33,8 g) foi observado com a dose calculada de 62 kg ha⁻¹ de N. O ajuste quadrático ocorreu provavelmente devido as maiores doses terem estimulado o crescimento vegetativo, constatado pela produção de MS (Figura 15A), portanto as plantas vegetaram mais e consumiram parte da energia que seria destinada para enchimento dos grãos. O peso de grãos também se comportou de forma semelhante ao número de frutos por racemos, cujos dados também foram ajustados a função quadrática (Figura 18E).

Na safra 2006/2007 as doses de N influenciaram o peso dos grãos apenas com a fonte SA e os dados foram ajustados a função quadrática (Figura 19D). O maior peso de 100 grãos (32 g) foi observado com a dose calculada de 50 kg ha⁻¹ de N. O ajuste dos dados a função quadrática para a fonte SA ocorreu devido ao ajuste linear dos dados do número de frutos (Figura 18F). Meira et al. (2005) utilizando como fonte de N a uréia também não observou efeito das doses no peso de 100 grãos do feijão.

A produtividade de grãos, na safra 2005/2006 foi afetada pelas doses de N e os dados foram ajustados a função quadrática para ambos as fontes (Figura 19E). A maior produtividade para a fonte SA (1.842 kg ha⁻¹) foi obtida com a dose calculada de 93 kg ha⁻¹ de N. Para a uréia a maior produtividade (1.872 kg ha⁻¹) ocorreu com a dose calculada de 84 kg ha⁻¹ de N. O ajuste quadrático dos dados é facilmente explicado para ambas as fontes, visto que, o número de frutos por racemo (Figura 18E) e o peso de 100 grãos (Figura 19C) tiveram o mesmo comportamento. Na safra 2006/2007 as doses de N influenciaram a produtividade de grãos, e os dados também foram ajustados a função quadrática (Figura 19F). Para a fonte SA a maior produtividade (1.880 kg ha⁻¹) foi constatada com a dose calculada de 89 kg ha⁻¹ de N. Quanto a fonte uréia a maior produtividade (1.825 kg ha⁻¹) foi observada com a dose calculada de 124 kg ha⁻¹ de N. O ajuste quadrático para a fonte SA foi decorrente do ajuste quadrático do peso de 100 grãos (Figura 19D) e do efeito linear para o número de frutos (Figura 18) enquanto que para a fonte uréia foi decorrente do número de frutos (Figura 18F). Silva et al. (2007) também observaram ajuste quadrático dos dados para o híbrido de mamona Sara, cujo ponto de máxima produtividade foi obtido com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

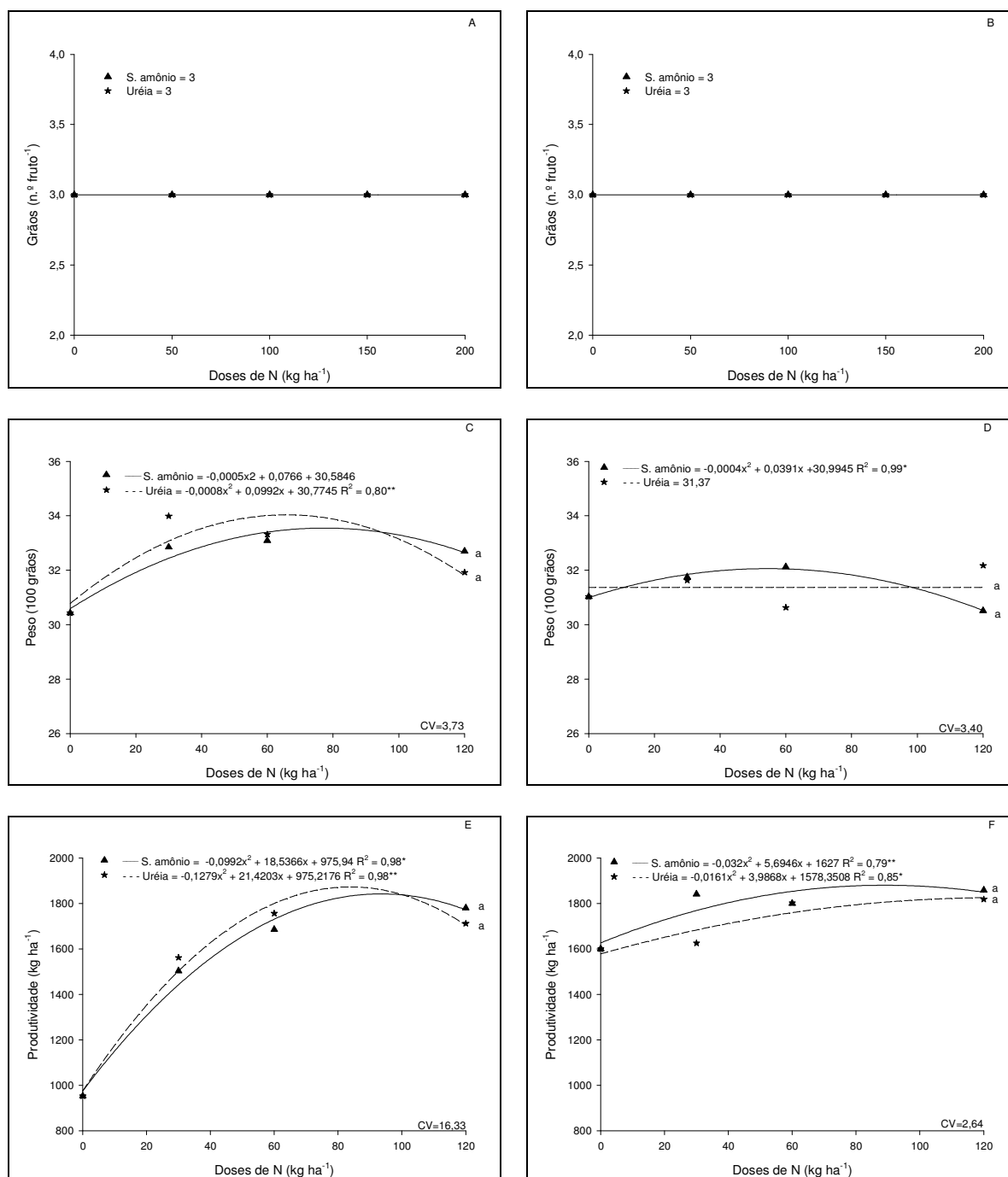


Figura 19. Grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade de grãos para o híbrido de mamona Lyra na safra 2005/2006 (A, C e E) e 2006/2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.1.3.5. Fator de utilização do nitrogênio

O fator de utilização do N para a fonte SA foi maior com a dose de 30 kg ha⁻¹ de N, em ambas as safras, portanto esta dose proporcionou ao híbrido Lyra maior eficiência na utilização do N (Tabela 16). Na safra 2005/2006 foi maior para o SA, devido ao grande acréscimo em relação a testemunha (Figura 19E), considerando a baixa quantidade de N para esse aumento. Além do que, a partir deste ponto com a elevação das doses o acréscimo de produtividade teve proporções menores como constatado pelo ajuste quadrático dos dados. Na safra 2006/2007 a eficiência para o SA foi maior com a dose 30 kg ha⁻¹ de N devido aos baixos acréscimos de produtividade, conforme se constata pela inclinação na equação de segundo grau (Figura 19F). Para a fonte uréia a maior eficiência na safra 2005/2006 ocorreu com a dose de 30 kg ha⁻¹ de N pelas mesmas razões descritas para o SA e na safra 2006/2007 com a dose 60 kg ha⁻¹ de N. Neste caso, o aumento da produtividade com a maior dose já havia estabilizado, fato confirmado pelo ajuste quadrático dos dados (Figura 19F).

Tabela 16. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura no híbrido de mamona Lyra cultivado na safra 2005/2006 e 2006/2007 em sistema plantio direto.

Híbrido	N kg ha ⁻¹	Safra 2005/2006		Safra 2006/2007	
		Aumento de prod. ⁽¹⁾ kg ha ⁻¹	Fator N ⁽²⁾	Aumento de prod. kg ha ⁻¹	Fator N
S. amônio	30	550	18,0	241	8,0
S. amônio	60	732	12,2	200	3,3
S. amônio	120	827	6,9	258	2,2
Uréia	30	608	20,3	25	0,8
Uréia	60	803	13,4	203	3,4
Uréia	120	759	6,3	218	1,8

⁽¹⁾Obtido em relação à média de produtividade da testemunha na safra 2005/2006 (sulfato de amônio = 953 kg ha⁻¹ e uréia = 953 kg ha⁻¹) e na safra 2006/2007 (sulfato de amônio = 1.600 kg ha⁻¹ e uréia = 1.600 kg ha⁻¹). ⁽²⁾ Fator de utilização do N: kg ha⁻¹ de produtividade incrementada/kg ha⁻¹ de N.

6.2. Safrinha 2006 e 2007

6.2.1. Experimento 1 - Doses de nitrogênio em cobertura para híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto

6.2.1.1. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+

A produção de matéria seca de ambos os híbridos não foi afetada pelas doses de N na safrinha 2006 (Figura 20A). Nesta safrinha observou-se que as plantas apresentaram baixo desenvolvimento e conseqüentemente menor demanda de N, o que justifica o resultado obtido. O baixo desenvolvimento das plantas é atribuído ao déficit hídrico ocorrido conforme Figura 1 (2006). Na safrinha 2007 os dados para o híbrido Lyra foram ajustados a função linear e para o Sara a função quadrática (Figura 20B) que atingiu a maior produção de MS ($36,7 \text{ g planta}^{-1}$) com a dose calculada de 153 kg ha^{-1} de N.

Os teores de N-NO_3^- na safrinha 2006 não diferiram entre os híbridos e também não foram influenciados pelas doses de N (Figura 20C). A deficiência hídrica durante o desenvolvimento das plantas parece ter afetado a dinâmica do N, ou seja, a nitrificação, considerando que a adubação de cobertura foi realizada 20 DAE e que a partir deste período houve déficit hídrico (Figura 1 - 2006). Rocha et al. (2008) estudaram o efeito da umidade na nitrificação e observaram que quando a umidade estava abaixo da capacidade de campo a nitrificação era reduzida, sendo que este fato foi constatado pela presença do amônio, 60 dias após o início do experimento. Na safrinha 2007 os dados foram ajustados a função quadrática para ambos os híbridos (Figura 20D). O maior teor de N-NO_3^- ($0,81 \text{ g kg}^{-1}$ da MS) no híbrido Lyra foi observado com a dose de 85 kg ha^{-1} de N. Para o híbrido Sara o maior teor ($0,77 \text{ g kg}^{-1}$ da MS) ocorreu com a dose de 145 kg ha^{-1} de N.

Quanto aos teores de N-NH_4^+ não se constatou influência das doses, tanto na safrinha 2006 (Figura 20E), quanto na safrinha 2007 (Figura 20F), para ambos os híbridos. Entre os híbridos os valores de N amoniacal também não diferiram, em ambas as safrinhas. Um aspecto que deve ser considerado é que o nitrato absorvido pelas raízes deve ser reduzido a amônio antes de ser incorporado em compostos orgânicos, seja no sistema radicular, seja na parte aérea (PURCINO, et al. 1994). Portanto, nem todo o N-NH_4^+ na parte aérea é decorrente da absorção de amônio.

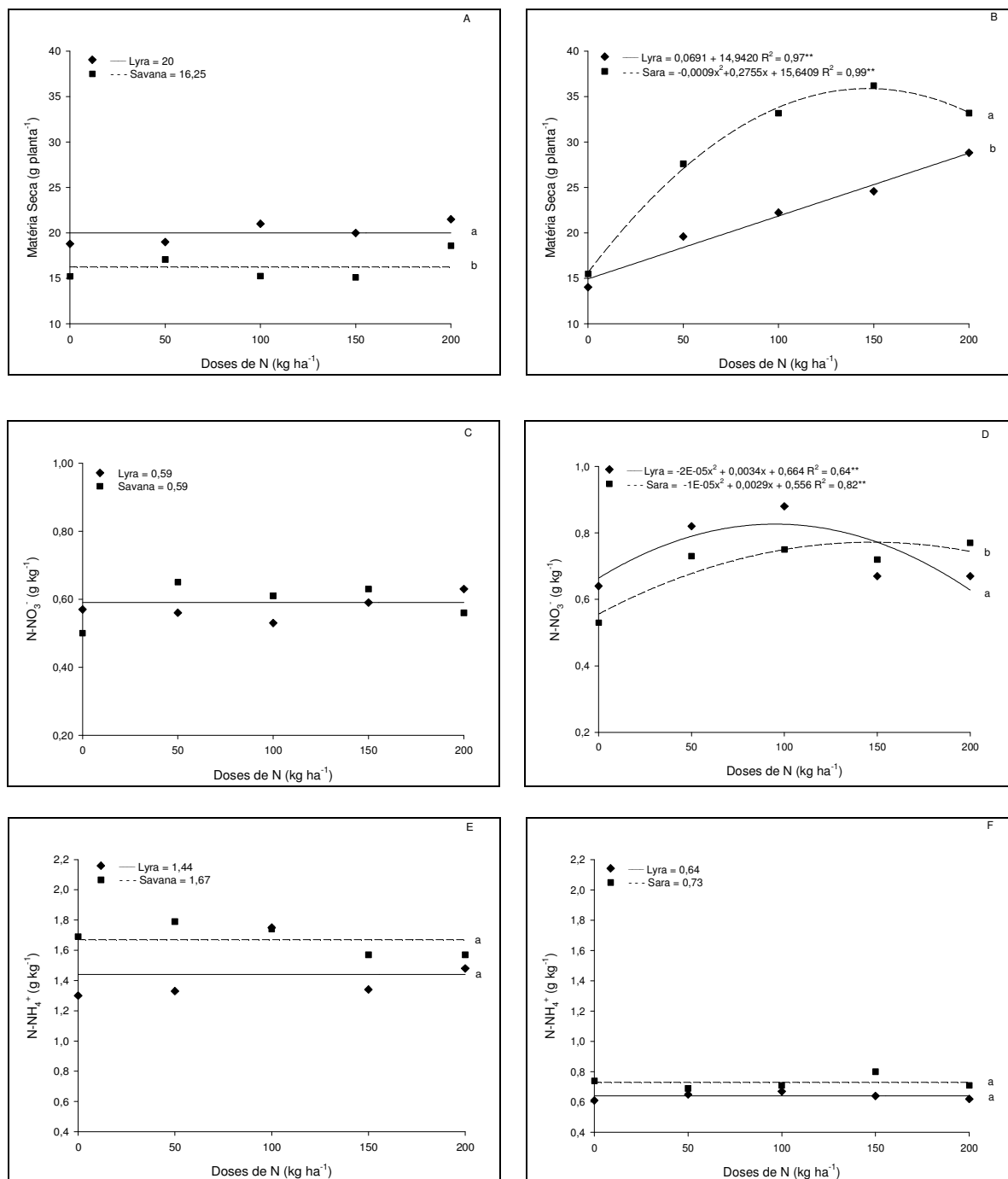


Figura 20. Produção de matéria seca, N-NO₃⁻ e NH₄⁺ para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.2.1.2. Diagnose Foliar

Os teores de N-total no híbrido Lyra não foram influenciados pelas doses de N, na safrinha 2006 (Figura 21A). Com o baixo porte das plantas a demanda de N foi menor, por esta razão os tratamentos não diferiram da testemunha. Para o híbrido Savana houve incremento no teor de N-total e os dados foram ajustado a função linear. Neste caso, o aumento dos teores de N-total ocorreu mais por efeito concentração do que pela demanda para suprir a exigência da planta, visto a baixa produção de MS. Na safrinha 2007 as doses de N incrementaram o teor de N-total em ambos os híbridos e os dados foram ajustados a função linear (Figura 21B). Os teores de N em ambas as safras estiveram dentro da faixa adequada preconizada por Malavolta et al. (1997).

Os teores de P, K, Ca e Mg não foram afetados pelas doses de N em ambos os híbridos, tanto na safrinha 2006, quanto na 2007 (Figuras 21 e 22). Os teores de P não diferiram entre os híbridos, porém na safrinha 2006 (Figura 21C) os valores estiveram abaixo da faixa adequada em ambos os híbridos. A deficiência hídrica em 2006 pode ter afetado a absorção do P, justificando os valores baixos. Oliveira et al., (2000) relatam que o maior teor de água do solo aumenta o fluxo difusivo de P. Na safrinha 2007 os teores estavam adequados (3-4 g kg⁻¹), conforme se constata na Figura 21D.

Em relação ao K, os teores não diferiram entre os híbridos na safrinha 2006 (Figuras 21E), no entanto, na safrinha 2007 houve diferença (Figuras 21F). Segundo Mascarenhas (1981), quando a disponibilidade de cálcio e magnésio é aumentada em relação à de potássio, a absorção deste último pelas plantas é reduzida devido à competição entre os três cátions. Portanto os menores teores de K para o Sara na safrinha 2007 podem ter ocorrido pela competição catiônica, visto que os teores foliares de Ca e Mg foram altos (Figura 22). Além do que, os teores destes nutrientes no solo estavam altos, enquanto que o de K estava baixo (RAIJ et al., 1997), como pode ser constatado na Tabela 1. Os teores de K estavam abaixo da faixa adequada (30-40 g ka⁻¹) para ambos os híbridos e em ambas as safrinhas (MALAVOLTA et al. 1997).

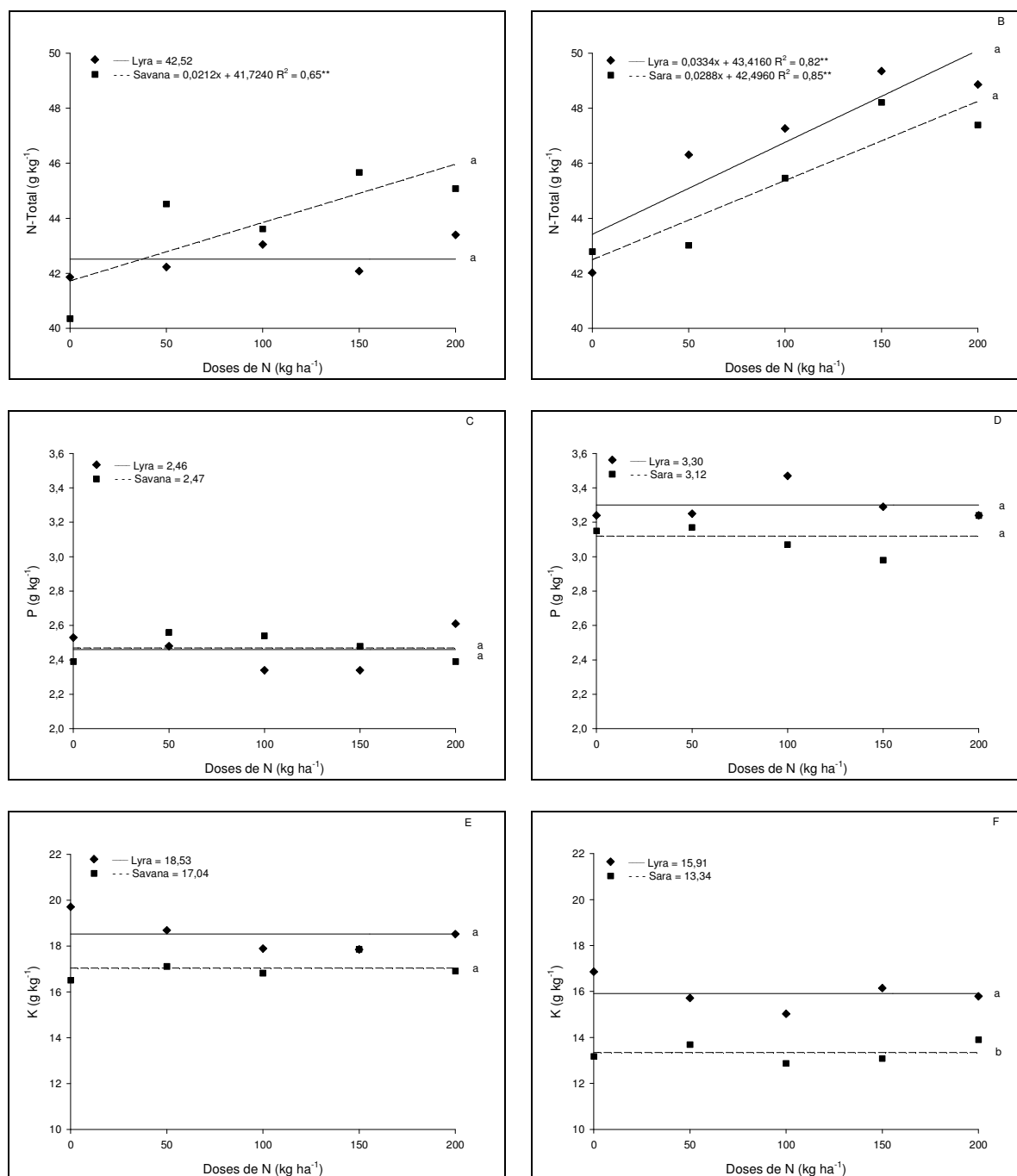


Figura 21. Teores de N, P e K para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e na Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

O teor de Ca não diferiu entre os híbridos na safrinha 2006 (Figura 22A), porém os valores estiveram dentro da faixa adequada ($15-25 \text{ g kg}^{-1}$ da MS). Na safrinha 2007 houve diferença entre os híbridos (Figura 22B). Os menores valores foram observados para o híbrido Lyra e estavam abaixo da faixa adequada.

Quanto aos teores de Mg não houve diferença entre os híbridos em ambas as safrinhas (Figura 22C e 22D), sendo que, os menores valores foram constatados no híbrido Lyra. Na safrinha 2006 os teores estavam acima da faixa adequada ($2,5-3,5 \text{ g kg}^{-1}$) e na safrinha 2007 estavam adequados para o híbrido Lyra e altos para o Sara.

O teor de S não foi influenciado pelas doses de N em ambos os híbridos na safrinha 2006 (Figura 22E). Conforme discussões feitas nos experimentos anteriores, adubações com N afetam o teor foliar de S e vice-versa, devido às assimilações de NO_3^- e SO_4^{2-} estarem metabolicamente ligadas (FRIEDRICH e SCHRADER, 1978). Dessa forma como os teores de N- NO_3^- não foram alterados (Figura 20C) justifica-se o resultado obtido para o enxofre. Na safrinha 2007 os valores foram influenciados pelas doses de N. Os acréscimos nas doses de N causaram a redução dos teores de S com ajuste dos dados a função linear (Figura 22F). Isto ocorreu devido ao aumento nos teores de N- NO_3^- (Figura 20D).

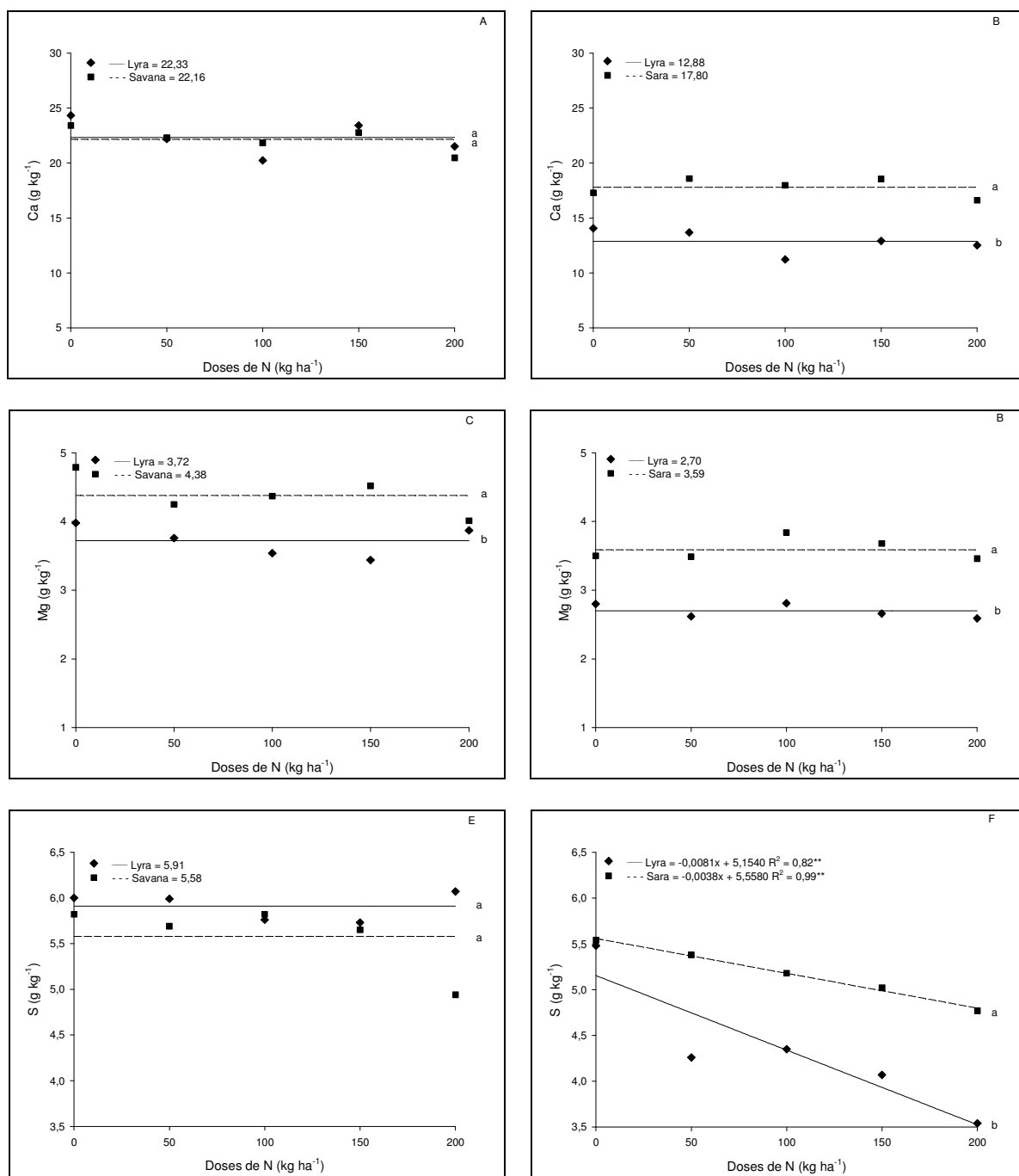


Figura 22. Teores de Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.2.1.3. Componentes da produção

Os componentes de produção não foram afetados pelas doses de N (Figuras 23 e 24). Constataram-se apenas diferenças entre os híbridos. Isto ocorreu devido a restrição hídrica no período, limitando o desenvolvimento das plantas. Assim, a demanda de N foi baixa e o N proveniente do solo supriu as exigências das plantas.

O estande final de plantas diferiu entre os híbridos em ambas as safrinhas (Figuras 23A e 23B). A diferença na população entre os híbridos é decorrente da maior densidade de plantas recomendada para o híbrido Lyra.

O número de racemos por planta não diferiu entre os híbridos na safrinha 2006 (Figura 23C). Este resultado é decorrente do baixo desenvolvimento das plantas. Os híbridos não emitiram hastes secundárias, o que justifica a emissão de um único racemo. Na safrinha 2007 houve diferença e o maior número foi observado para o híbrido Sara (Figura 23D), cuja razão é a mesma observada para o Savana na safra de verão, uma vez que, os híbridos apresentam características semelhantes quanto a capacidade de engalhamento.

Quanto ao número de frutos por racemo, menores valores foram constatados para o híbrido Savana na safrinha 2006 (Figura 23E) e para o Sara na safrinha 2007 (Figura 23F). Estes resultados ocorreram devido ao maior número de racemos por planta que culminou na redução do tamanho e, conseqüentemente, do número de frutos.

O peso de 100 grãos diferiu entre os híbridos em ambas as safrinhas. Na safrinha 2006 os valores foram maiores para o híbrido Savana (Figuras 24C) e na safrinha 2007 para Sara (Figura 24D). A superioridade do Savana para este componente também foi observada por Poleti et al. (2004). Portanto, esta é uma característica que pode estar associada a este híbrido, além do que esta característica foi favorecida pelo menor número de frutos por racemo em comparação com o híbrido Lyra.

Quanto à produtividade de grãos as doses de N não interferiam. Entre os híbridos a maior produção foi constatada para o Lyra em ambas as safrinhas (Figuras 24E e 24F). Justifica-se a maior produtividade em função do maior estande de plantas e maior número de frutos por racemo. O maior número de racemos e o maior peso de grãos do híbrido Savana e Sara, não foram suficientes para compensar a diferença de produtividade, proporcionada pelos componentes, em que o Lyra foi superior.

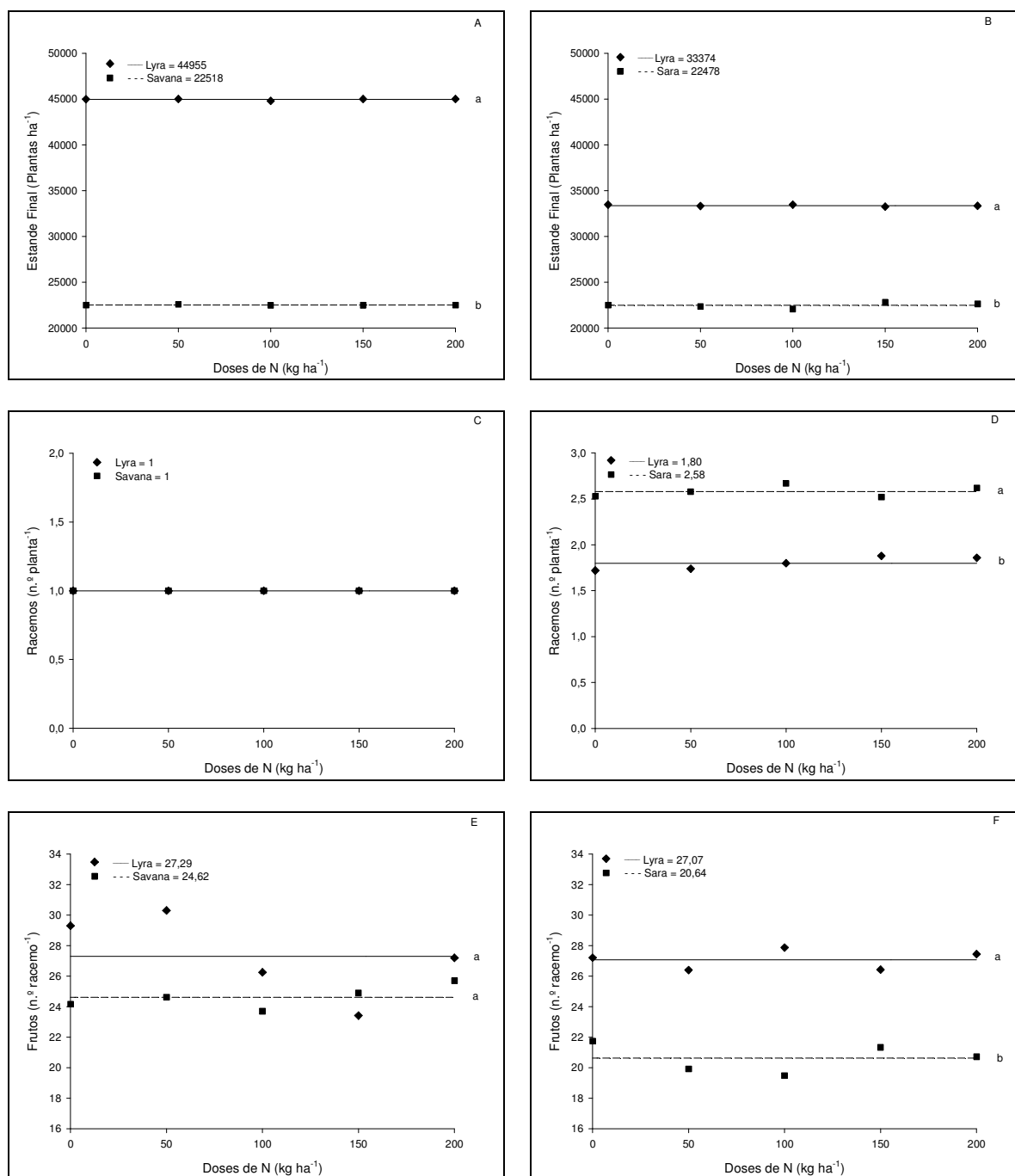


Figura 23. Estande final de plantas, racemos por planta e frutos por racemos para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

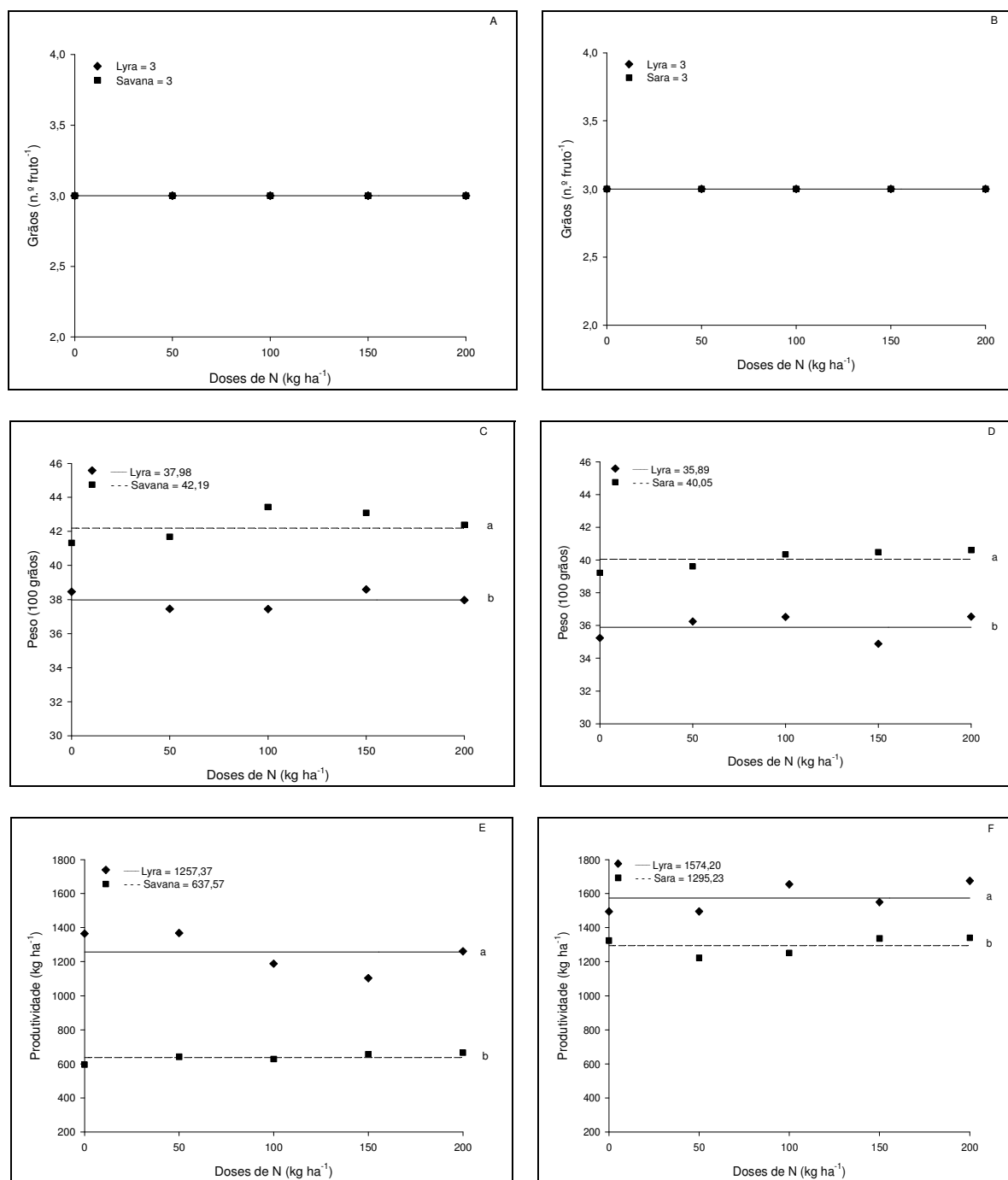


Figura 24. Grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade de grãos para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006 (A, C e E) e Lyra e Sara na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.2.2. Experimento 2 – Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura para híbridos de mamona de porte baixo cultivados em sistema plantio direto

6.2.2.1. Matéria seca de plantas e teor de N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺

A Tabela 17 contém os dados de produção de matéria seca, N-NO₃⁻ e NH₄⁺ da safrinha 2006. A análise de variância destes parâmetros está contida na Tabela 18.

A produção de matéria seca do híbrido Lyra foi afetada pelo manejo da adubação nitrogenada. A forma de parcelamento que proporcionou o maior valor foi a 50-50. As demais formas de parcelamento não diferiram da testemunha (Tabela 17). Para o híbrido Savana o manejo da adubação não influenciou os resultados. Com exceção das formas de parcelamento em que o N foi fornecido em uma única época (0-100 e 100-0) a produção de MS foi maior para o híbrido Lyra. Os menores valores observados para o Savana ocorreram devido a este híbrido ser mais sensível ao estresse hídrico ocorrido nesta safrinha (Figura 1 - 2006), conforme discutido no item 6.2.1.1. do experimento 1.

Os teores de N-NO₃⁻ foram influenciados pelo manejo da adubação nitrogenada em ambos os híbridos (Tabela 17). No entanto, não se observou tendência regular de aumento nos teores a medida que as doses de N no parcelamento foram elevadas na primeira época de aplicação, como aconteceu nos experimentos de verão. Essa irregularidade pode ter ocorrido em função da baixa demanda de N, comprovada pelos dados de produção de MS. A falta de umidade também pode ter interferido no processo de nitrificação. Para o híbrido Lyra o menor teor (0,44 g kg⁻¹) foi com o parcelamento 30-70 e o maior (0,61 g kg⁻¹) com o parcelamento 0-100. Quanto ao híbrido Savana o maior teor (0,62 g kg⁻¹) foi constatado na testemunha e diferiu de todas as formas de parcelamento. O teor de N-NO₃⁻ no híbrido Savana foi maior do que no Lyra apenas na testemunha, nas formas de parcelamento foi igual ou inferior.

Quanto aos teores de N-NH₄⁺, não foi observado efeito significativo em razão do manejo da adubação nitrogenada (Tabela 17). Os teores também não diferiram entre os híbridos. Os teores de amônio são menos influenciados em relação ao nitrato, principalmente em sistema plantio direto, no qual a nitrificação é favorecida.

Tabela 17. Produção de matéria seca, e teor de $N-NO_3^-$ e NH_4^+ para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2006.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 -100	100 - 0
Matéria seca						
g planta ⁻¹						
Lyra	18,7 aB	18,6 aB	21,3 aA	17,6 aB	17,0 aB	17,1 aB
Savana	15,9 bA	16,0 bA	15,3 bA	14,8 bA	16,7 aA	15,6 aA
Teor de $N-NO_3^-$						
g kg ⁻¹						
Lyra	0,48 bBC	0,44 aC	0,54 aAB	0,53 aAB	0,61 aA	0,49 aBC
Savana	0,62 aA	0,49 aB	0,44 bB	0,44 bB	0,43 bB	0,47 aB
Teor de $N-NH_4^+$						
g kg ⁻¹						
Lyra	1,50 aA	1,61 aA	1,62 aA	1,37 aA	1,55 aA	1,60 aA
Savana	1,32 aA	1,40 aA	1,39 aA	1,43 aA	1,40 aA	1,34 aA

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t - DMS (P=0,05).

Tabela 18. Análise da variância e coeficiente de variação para matéria seca, nitrato, amônio e diagnose foliar dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safrinha 2006.

Variáveis	MS	NO_3^-	NH_4^+	NT	P	K	Ca	Mg	S
	g planta	g kg ⁻¹							
Híbridos	*	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	**	ns
Manejo N	ns	*	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	*
H x M	*	**	ns	ns	ns	ns	Ns	*	*
CV 1	9,30	13,1	5,76	8,76	24,3	17,2	16,5	7,20	12,0
CV 2	9,64	11,0	4,72	5,09	9,72	11,4	13,6	7,13	8,19

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. CV 1-Parcela.

Na Tabela 19 estão contidos os dados de produção de matéria seca, $N-NO_3^-$ e NH_4^+ da safrinha 2007. A análise de variância destes parâmetros está contida na Tabela 20.

A matéria seca na safrinha 2007 foi afetada pelo parcelamento da adubação nitrogenada em ambos os híbridos (Tabela 19). Para o híbrido Lyra as formas de parcelamento em que o N foi fornecido todo aos 20 DAE proporcionaram os maiores valores e diferiram do parcelamento 0-100 e da testemunha. Para o híbrido Sara observou-se incremento na produção de MS com a elevação das doses de N na primeira época do parcelamento, sendo

que todas diferiram da testemunha. Soratto et al. (2001) verificaram que em feijoeiro cultivado em sistema plantio direto, após a cultura do milho, a aplicação do N em cobertura aos 15 DAE proporcionou maior massa de matéria seca das plantas no florescimento, quando comparado com a aplicação realizada aos 35 DAE. O híbrido Lyra superou a produção de MS do Sara com as formas de parcelamento 30-70 e 50-50. A diferença ocorreu devido aos baixos incrementos de MS pelo híbrido Sara com estas formas de parcelamento.

Os dados de N-NO_3^- foram influenciados pelo parcelamento da adubação nitrogenada em ambos os híbridos (Tabela 19). Para o híbrido Lyra o menor teor de nitrato foi observado na testemunha, a qual diferiu de todas as formas de parcelamento. As formas de parcelamento que apresentaram os maiores valores e não diferiram entre si, foram aquelas em que a dose de N aplicada na primeira época foi igual ou superior a 50 kg ha^{-1} . Quanto ao híbrido Sara o menor teor de nitrato ($0,61 \text{ g kg}^{-1}$) foi observado na forma de parcelamento 30-70, o qual não diferiu da testemunha. As demais formas de parcelamento superaram o menor valor e não diferiram entre si. Quanto as diferenças entre os híbridos, o Lyra superou o Sara nas formas de parcelamento 30-70, 50-50 (diferença também constatada para MS) e 100-0. Como já mencionado a elevação dos teores de N-NO_3^- com o aumento das doses de N aos 20 DAE são decorrentes das condições favoráveis a nitrificação no sistema plantio direto, visto que a fonte utilizada apresenta a mesma proporção de nitrato e amônio.

Os teores de N-NH_4^+ não diferiram entre os híbridos (Tabela 19) e a exemplo da safrinha anterior, os dados não foram influenciados pelo parcelamento da adubação nitrogenada. As razões para isso são as mesmas descritas para os valores de N-NH_4^+ da safrinha 2006.

Tabela 19. Produção de matéria seca, e teor de N-NO_3^- e NH_4^+ para os híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2007.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 - 100	100 - 0
Matéria seca						
g planta ⁻¹						
Lyra	23,3 aB	30,6 aA	32,6 aA	30,9 aA	23,7 aB	30,2 aA
Sara	22,0 aD	25,0 bC	29,1 bB	32,9 aA	23,4 aCD	31,6 aAB
Teor de N-NO_3^-						
g kg ⁻¹						
Lyra	0,57 aD	0,83 aBC	1,01 aA	0,90 aAB	0,77 aC	0,99 aA
Sara	0,69 aBC	0,61 bC	0,71 bABC	0,83 aA	0,82 aA	0,79 bAB
Teor de N-NH_4^+						
g kg ⁻¹						
Lyra	0,65 aA	0,57 aA	0,61 aA	0,59 aA	0,66 aA	0,70 aA
Sara	0,74 aA	0,78 aA	0,81 aA	0,78 aA	0,80 aA	0,74 aA

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t - DMS (P=0,05).

Tabela 20. Análise da variância e coeficiente de variação para matéria seca, nitrato, amônio e diagnose foliar dos híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada na safrinha 2007.

Variáveis	MS	NO_3^-	NH_4^+	NT	P	K	Ca	Mg	S
	g planta	g kg ⁻¹							
Híbridos	*	*	ns	ns	ns	**	**	*	*
Manejo N	**	**	ns	**	ns	ns	Ns	ns	**
H x M	**	**	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	**
CV 1	7,82	15,4	35,2	2,71	10,4	7,15	14,7	31,0	8,14
CV 2	6,57	10,3	25,7	4,41	7,57	5,93	7,87	11,8	5,28

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. CV 1-Parcela.

6.2.2.2. Diagnose Foliar

A Tabela 21 contém os dados de N, P, K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006. A análise de variância da diagnose foliar está contida na Tabela 18.

Os teores de N-total, P e K não foram afetados pelo parcelamento da adubação nitrogenada e também não houve diferença no teor destes nutrientes entre os híbridos (Tabela 21).

Os teores de N-total estiveram dentro da faixa adequada (40-50 g kg⁻¹). Quanto ao P e ao K os teores estiveram abaixo da faixa adequada (3-4 g kg⁻¹ e 30-40 g kg⁻¹, respectivamente). Déficit hídrico na safrinha 2006 (Figura 1) restringiu o desenvolvimento das plantas diminuindo a demanda por N e também pode ter afetado a difusão do P e do K. No entanto, os baixos valores de K para ambos os híbridos não é consequência apenas da falta de chuvas, visto que nos experimentos de verão também foram baixos.

Os teores de Ca e Mg não foram afetados pelo parcelamento da adubação nitrogenada e também não diferiram entre os híbridos, com exceção da testemunha (Tabela 21). Os teores de Ca estavam dentro da faixa adequada (15-25 g kg⁻¹) e os de Mg estavam acima (2,5-3,5 g kg⁻¹), com exceção dos obtidos para a testemunha e 0-100. Em experimento com milho cultivado em safrinha, Casagrande et al. (2002) também não observaram influência da adubação nitrogenada nos teores de Mg, porém constataram que o N influenciou os teores de Ca, quando as doses aplicadas foram maiores, independente da época.

Os teores de S foram influenciados pelo parcelamento da adubação nitrogenada (Tabela 21). Para o híbrido Lyra o maior valor de S foi obtido na testemunha, no entanto, diferiu apenas do parcelamento 30-70. Quanto ao híbrido Savana a forma de parcelamento 0-100 diferiu das demais e igualou-se a testemunha. Estes resultados são coerentes, pois, adubações nitrogenadas causam redução nos teores de S, como visto nos experimentos anteriores. Entre os híbridos houve diferença no teor de S apenas na forma de parcelamento 0-100, devido ao alto valor deste elemento para o híbrido Savana. As aplicações de N na segunda época pouco influenciaram nos teores de S, visto o curto espaço de tempo entre a aplicação e a coleta das folhas para diagnose foliar.

Tabela 21. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2006.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 -100	100 - 0
Teor de N-Total						
	g kg ⁻¹					
Lyra	40,0 aA	43,4 aA	42,4 aA	40,0 aA	43,2 aA	42,8 aA
Savana	41,0 aA	42,6 aA	44,1 aA	43,7 aA	41,5 aA	44,6 aA
Teor de Fósforo						
	g kg ⁻¹					
Lyra	2,5 aA	2,4 aA	2,5 aA	2,4 aA	2,6 aA	2,6 aA
Savana	2,5 aA	2,5 aA	2,4 aA	2,5 aA	2,6 aA	2,4 aA
Teor de Potássio						
	g kg ⁻¹					
Lyra	17,1 aA	16,8 aA	17,7 aA	17,3 aA	17,7 aA	18,5 aA
Savana	17,6 aA	16,4 aA	15,0 aA	15,7 aA	15,8 aA	16,3 aA
Teor de Cálcio						
	g kg ⁻¹					
Lyra	19,4 aA	20,9 aA	21,1 aA	21,1 aA	21,7 aA	21,0 aA
Savana	22,8 aA	23,0 aA	21,3 aA	21,1 aA	22,6 aA	20,3 aA
Teor de Magnésio						
	g kg ⁻¹					
Lyra	3,4 bA	3,8 aA	3,8 aA	3,9 aA	3,5 aA	4,0 aA
Savana	4,6 aA	4,6 aA	4,2 aA	4,4 aA	4,3 aA	4,2 aA
Teor de Enxofre						
	g kg ⁻¹					
Lyra	5,8 aA	5,1 aB	5,2 aAB	5,5 aAB	5,2 bAB	5,3 aAB
Savana	5,5 aAB	5,2 aB	5,2 aB	5,4 aB	6,2 aA	4,9 aB

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t – DMS (P=0,05).

Na Tabela 22 estão contidos os dados de N, P, K, Ca, Mg e S dos híbridos Lyra e Sara na safrinha 2007. A análise de variância da diagnose foliar está contida na Tabela 20.

Os teores de N foram influenciados pelo manejo da adubação nitrogenada (Tabela 22). Para o híbrido Lyra as formas de parcelamento proporcionaram aumento do teor de N-total em relação a testemunha, com exceção da forma 0-100. Quanto ao Sara, as formas de parcelamento em que o fornecimento de N aos 20 DAE foi igual ou superior a 50 kg ha⁻¹ incrementaram o teor de N-total e diferiram da testemunha. Os teores de N estiveram dentro da faixa adequada (40-50 g kg⁻¹) para ambos os híbridos. Carvalho et al.

(2003) constataram que a época de aplicação de N não influenciou o teor de N nas folhas de feijão; contudo, houve efeito significativo das doses de N aplicadas.

O teor de P não foi alterado pelo manejo da adubação nitrogenada (Tabela 22), a exemplo da safrinha 2006. Os valores a estiveram dentro da faixa adequada, com exceção aos parcelamentos 70-30 e 0-100 para o híbrido Sara.

Quanto ao K os teores não foram afetados pelo manejo do N (Tabela 22), porém houve diferença entre os híbridos e os valores para o Lyra foram maiores. Os menores valores de K para o híbrido Sara provavelmente ocorreram por competição com o Ca e Mg, visto que os teores foliares de ambos foram superiores aos observados para o híbrido Lyra e que os teores no solo para estes nutrientes estavam altos. Os teores de Mg (Tabela 22) estavam acima da faixa adequada (2,5-3,5 g kg⁻¹). Segundo Arnon (1975) altos teores de K estão freqüentemente associados com deficiências de Ca e Mg.

Os teores de Ca não foram afetados pelo manejo da adubação nitrogenada a exemplo do ocorrido na safrinha 2006, porém, houve diferença entre os híbridos (Tabela 22). Os teores de Ca para o híbrido Sara foram superiores na testemunha e também em todas as formas de parcelamento. Para o híbrido Lyra estiveram abaixo da faixa adequada e para o Sara os valores estão dentro da faixa (15-25 g kg⁻¹).

Quanto ao Mg, os teores não foram influenciados pelo manejo da adubação nitrogenada para ambos os híbridos (Tabela 22). Entre os híbridos os maiores valores de Mg foram para o Sara e, na média estiveram acima da faixa adequada (2,5-3,5 g kg⁻¹), enquanto que para o Lyra os valores estiveram abaixo (Malavolta et al. 1997).

Os teores de S foram afetados pelo manejo da adubação nitrogenada em ambos os híbridos (Tabela 22). Para o híbrido Lyra os maiores teores de S foram contatados na testemunha e para o parcelamento 0-100, que somente não diferiram do 30-70. Como já discutido na safrinha 2006 o N interfere na absorção do S. Essa informação foi confirmada, pois, na testemunha e nas formas de parcelamento em que o teor de S foi maior, o teor de N foi menor, justificando os resultados obtidos. Quanto ao híbrido Sara o menor teor de S foi observado no parcelamento 100-0 que diferiu das demais formas de parcelamento e da testemunha. A razão para este comportamento é a mesma para o híbrido Lyra, ou seja, no tratamento 100-0 foi o observado o maior teor de N.

Segundo Büll (1993) o fornecimento inadequado de um desses nutrientes, acarretara no desbalanceamento entre ambos. De forma geral, o desbalanço se dá em relação ao suprimento de S, pois, em culturas exigentes em N, são comuns aplicações elevadas deste nutriente sem acompanhamento da fertilização proporcional de S. Os teores de S, mesmo aqueles afetados pela adubação nitrogenada foram superiores aos valores (3-4 g kg⁻¹) preconizados por Malavolta et al. (1997) como adequados.

Tabela 22. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S para os híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2007.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 - 100	100 - 0
Teor de N-Total						
g kg ⁻¹						
Lyra	40,7 aC	42,8 aAB	46,3 aA	46,3 aA	42,3 aBC	46,4 aA
Sara	42,4 aB	43,0 aB	45,5 aA	45,4 aA	44,0 aAB	46,0 aA
Teor de Fósforo						
g kg ⁻¹						
Lyra	3,0 aA	3,1 aA	3,1 aA	2,8 aA	2,8 aA	3,0 aA
Sara	3,0 aA	3,1 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA
Teor de Potássio						
g kg ⁻¹						
Lyra	14,5 aA	15,8 aA	14,2 aA	14,8 aA	14,7 aA	14,2 aA
Sara	11,4 bA	11,7 bA	11,8 bA	11,8 bA	11,0 bA	11,3 aA
Teor de Cálcio						
g kg ⁻¹						
Lyra	15,0 bA	13,7 bA	14,8 bA	14,0 bA	13,7 bA	14,2 bA
Sara	18,0 aA	18,8 aA	20,0 aA	18,2 aA	19,8 aA	17,9 aA
Teor de Magnésio						
g kg ⁻¹						
Lyra	2,8 bA	2,8 bA	2,8 bA	2,7 bA	2,6 bA	2,7 bA
Sara	3,9 aB	4,3 aAB	4,6 aA	3,9 aB	4,6 aAB	4,0 aB
Teor de Enxofre						
g kg ⁻¹						
Lyra	5,4 aA	5,1 bAB	4,8 bB	4,8 bB	5,3 aA	4,8 aB
Sara	5,6 aA	5,8 aA	5,8 aA	5,7 aA	5,6 aA	5,0 aB

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t - DMS (P=0,05).

6.2.2.3. Componentes da produção

A Tabela 23 contém os dados dos componentes da produção dos híbridos de mamona Lyra e Savana na safrinha 2006. A análise de variância dos componentes de produção está contida na Tabela 24.

O estande final de plantas não foi afetado pelo parcelamento da adubação nitrogenada em ambos os híbridos (Tabela 23). A diferença na população entre os híbridos é decorrente da maior densidade de plantas recomendada para o híbrido Lyra.

O número de racemo por planta na safrinha 2006 não foi afetado pelo parcelamento da adubação nitrogenada (Tabela 23) os híbridos emitiram apenas um racemo por planta. Este resultado é decorrente do baixo desenvolvimento das plantas.

Quanto ao número de frutos por racemo, os dados foram influenciados pelo parcelamento da adubação nitrogenada (Tabela 23). Para o híbrido Lyra o maior valor foi observado na forma de parcelamento 100-0, porém diferiu apenas das formas 50-50 e 0-100. Para o híbrido Savana o maior valor foi obtido com a forma de parcelamento 0-100, que diferiu apenas da forma 30-70. O número de racemos é uma característica variável e nem sempre as alterações são decorrentes da adubação, principalmente em solos férteis.

O número de grãos por fruto não foi afetado pela adubação nitrogenada. Nenhuma variação foi observada em ambos os híbridos (Tabela 23). Este componente de produção é pouco afetado por ser uma característica de alta herdabilidade.

O peso de 100 grãos foi influenciado pelo parcelamento da adubação nitrogenada (Tabela 23) apenas no híbrido Savana, sendo que o maior peso de 100 grãos ocorreu no parcelamento 100-0, o qual diferiu apenas dos parcelamentos 70-30 e 0-100. O híbrido Savana apresentou maior peso de 100 grãos com exceção do parcelamento 0-100.

A produtividade de grãos foi influenciada pelo parcelamento da adubação nitrogenada, apenas para o híbrido Lyra (Tabela 23). Para este híbrido a forma de parcelamento que proporcionou maior produtividade de grãos e diferiu das demais e da testemunha foi a 70-30 (1097 kg ha⁻¹). Entre os híbridos constatou-se que o Lyra foi mais produtivo em todas as formas de parcelamento e também na testemunha. A principal vantagem do híbrido Savana em relação ao Lyra é seu maior número de racemos. Nesta safrinha o número de racemos por planta foi igual em ambos os híbridos e como a população de plantas do Lyra foi muito superior, justificam-se o resultado.

Tabela 23. Estande final de plantas, racemos por planta, frutos por racemos, grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2006.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 - 100	100 - 0
Estande Final						
plantas ha ⁻¹						
Lyra	45.000 aA	42.340 aA	43.250 aA	43.357 aA	42.718 aA	43.142 aA
Savana	22.500 bA	22.492 bA	22.494 bA	22.500 bA	22.506 bA	22.490 bA
Racemos						
n.º planta ⁻¹						
Lyra	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA
Savana	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA	1,0 aA
Frutos						
n.º racemo ⁻¹						
Lyra	24,6 aAB	24,7 aAB	23,3 aB	25,8 aAB	22,4 aB	27,4 aA
Savana	23,0 aAB	19,6 bB	22,0 aAB	22,6 aAB	23,7 aA	20,7 bAB
Grãos						
n.º fruto ⁻¹						
Lyra	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA
Savana	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA
Peso						
100 grãos						
Lyra	31,5 bA	32,9 bA	33,7 bA	33,0 bA	33,0 aA	34,9 bA
Savana	37,4 aAB	36,3 aAB	36,8 aAB	36,0 aB	35,2 aB	38,9 aA
Produtividade						
kg ha ⁻¹						
Lyra	905 aBC	952 aB	897 aBC	1097 aA	851 aBC	816 aC
Savana	528 bA	444 bA	493 bA	492 bA	509 bA	513 bA

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t - DMS (P=0,05).

Tabela 24. Análise da variância e coeficiente de variação para componentes de produção e produtividade dos híbridos de mamona Lyra e Savana em função do manejo da adubação nitrogenada na safrinha 2006.

Variáveis	E. Final	Racemos	Frutos	Peso	Produtividade
	Plantas ha ⁻¹	N. planta ⁻¹	N. Racemo ⁻¹	100 grãos	kg ha ⁻¹
Híbridos	**	ns	ns	**	**
Manejo N	ns	ns	ns	*	*
H x M	ns	ns	ns	ns	**
CV 1	2,97	-	13,3	1,28	14,1
CV 2	9,12	-	11,6	5,47	10,6

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. CV 1-Parcela. - não houve variação deste componente, cada planta produziu apenas um racemo.

A Tabela 25 contém os dados dos componentes da produção dos híbridos de mamona Lyra e Sara na safrinha 2007. A análise de variância dos componentes de produção está contida na Tabela 26.

O estande final de plantas na safrinha 2007 não foi afetado pelo parcelamento da adubação nitrogenada em ambos os híbridos (Tabela 25).

O número de racemos por planta foi afetado pelo manejo da adubação nitrogenada apenas para o híbrido Sara (Tabela 25). O maior número foi observado para o parcelamento 30-70 e 100-0, no entanto, diferiram apenas da testemunha. Entre os híbridos o Sara foi superior. Como já discutido este híbrido apresenta maior capacidade de engalhamento, razão pela qual o número de racemos foi maior.

Quanto ao número de frutos por racemo, os dados não foram influenciados pelo parcelamento da adubação nitrogenada (Tabela 25). Conforme discutido na safrinha 2006 o número de frutos por planta é uma característica variável e nem sempre as alterações são decorrentes da adubação, principalmente em solos férteis.

O número de grãos por fruto não foi afetado pela adubação nitrogenada. Nenhuma variação foi observada em ambos os híbridos (Tabela 25). Este componente de produção é pouco afetado pelo ambiente por ser uma característica de alta herdabilidade.

O peso de 100 grãos não foi influenciado pelos fatores (Tabela 25). Nesta safrinha as condições ambientais foram boas, porém como no inverno o desenvolvimento das plantas é menor a adubação nitrogenada não propiciou incrementos neste componente.

A produtividade de grãos foi influenciada pelo manejo da adubação nitrogenada em ambos os híbridos (Tabela 25). Para o Lyra a maior produtividade foi com o parcelamento 50-50 e 0-100 que diferiram do parcelamento 70-30 e da testemunha. Quanto ao híbrido Sara a maior produção foi obtida com o parcelamento 30-70 e 100-0 que diferiram apenas do parcelamento 0-100. Entre os híbridos constatou-se que o Lyra foi mais produtivo nas formas de parcelamento 30-70, 50-50 e 0-100. Nas demais formas de parcelamento e na testemunha não houve diferença.

Tabela 25. Estande final de plantas, racemos por planta, frutos por racemos, grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para os híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada em cobertura na safrinha 2007.

Híbrido	Manejo da Adubação Nitrogenada*					
	kg ha ⁻¹ de N					
	0 - 0	30 - 70	50 - 50	70 - 30	0 -100	100 - 0
Estande Final						
plantas ha ⁻¹						
Lyra	34.750 aA	34.492 aA	34.444 aA	34.130 aA	34.444 aA	34.356 aA
Sara	23.890 bA	23.888 bA	23.888 bA	23.820 bA	23.882 bA	23.333 bA
Racemos						
n.º planta ⁻¹						
Lyra	1,3 bA	1,4 bA	1,4 bA	1,3 bA	1,4 bA	1,4 bA
Sara	2,3 bB	2,5 aA	2,4 aA	2,4 aAB	2,4 aAB	2,5 aA
Frutos						
n.º racemo ⁻¹						
Lyra	26,7 aB	29,2 aAB	29,1 aAB	29,6 aAB	30,0 aA	29,0 aAB
Sara	21,0 bA	20,3 bA	19,7 bA	19,8 bA	19,6 bA	20,7 bA
Grãos						
n.º fruto ⁻¹						
Lyra	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA
Sara	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA	3,0 aA
Peso						
100 grãos						
Lyra	37,2 bA	38,6 bA	38,9 aA	38,6 bA	37,3 aA	38,5 bA
Sara	40,7 aA	40,9 aA	41,0 aA	41,3 aA	39,4 aA	41,0 aA
Produtividade						
kg ha ⁻¹						
Lyra	1.241 aC	1.441 aAB	1.470 aA	1.340 aBC	1.459 aA	1.415 aAB
Sara	1.259 aAB	1.330 bA	1.274 bAB	1.238 aAB	1.168 bB	1.342 aA

* kg ha⁻¹ de N aplicados aos 20 DAE e aos 40 DAE - Fonte Nitrato de amônio. Médias com a mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de t - DMS (P=0,05).

Tabela 26. Análise da variância e coeficiente de variação para componentes de produção e produtividade dos híbridos de mamona Lyra e Sara em função do manejo da adubação nitrogenada na safrinha 2007.

Variáveis	E. Final	Racemos	Frutos	Peso	Produtividade
	Plantas ha ⁻¹	N. planta ⁻¹	N. Racemo ⁻¹	100 grãos	kg ha ⁻¹
Híbridos	**	**	**	*	*
Manejo N	ns	*	ns	ns	**
H x M	ns	ns	ns	ns	**
CV 1	12,3	15,4	3,65	7,82	7,12
CV 2	5,85	5,51	8,15	3,94	5,51

*, **, ns = significativo a 5% e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. CV 1-Parcela.

6.2.2.4. Fator de utilização do nitrogênio

O fator de utilização do N na safrinha 2006 foi determinado apenas para o híbrido Lyra para a forma de parcelamento 70-30, pois as demais formas de parcelamento não proporcionaram incrementos na produtividade de grãos em relação a testemunha (Tabela 27). A forma de parcelamento 70-30 foi a que apresentou maior fator de utilização do N e, proporcionou maior acréscimo na produtividade. Na safrinha 2007 todas as formas de parcelamento proporcionaram incrementos para o híbrido Lyra, no entanto a maior eficiência na utilização do N foi constatada quando foi aplicado 50 kg ha⁻¹ de N aos 20 DAE e aos 40 DAE (50-50). Para o híbrido Sara a maior eficiência na utilização do N foi observada quando todo o N foi aplicado aos 20 DAE (100 kg ha⁻¹). Para este híbrido as formas 70-30 e 0-100 não proporcionaram incrementos na produtividade.

Tabela 27. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função do manejo da adubação nitrogenada de cobertura em híbridos de mamona cultivados em safrinha, no sistema plantio direto.

Manejo do N ⁽¹⁾	Safrinha 2006			Safrinha 2007		
	Híbrido	Aumento prod. ⁽²⁾ kg ha ⁻¹	Fator N ⁽³⁾	Híbrido	Aumento prod. kg ha ⁻¹	Fator N
30-70	Lyra	*	-	Lyra	200	2,0
50-50	Lyra	*	-	Lyra	229	2,3
70-30	Lyra	192	1,9	Lyra	99	1,0
0-100	Lyra	*	-	Lyra	218	2,2
100-0	Lyra	*	-	Lyra	174	1,7
30-70	Savana	*	-	Sara	71	0,7
50-50	Savana	*	-	Sara	15	0,2
70-30	Savana	*	-	Sara	*	-
0-100	Savana	*	-	Sara	*	-
100-0	Savana	*	-	Sara	83	0,8

⁽¹⁾ Aplicação de N aos 20 DAE e aos 40 DAE (fonte nitrato de amônio). ⁽²⁾ Obtido em relação à média de produtividade na testemunha (safrinha 2006 Lyra = 905 kg ha⁻¹ e Savana = 528 kg ha⁻¹ – safrinha 2007 Lyra = 1241 kg ha⁻¹ e Sara = 1259 kg ha⁻¹). ⁽³⁾ Fator de utilização do N: kg ha⁻¹ de produtividade incrementada/kg ha⁻¹ de N. * Não houve incremento de produtividade e, portanto, não foi determinado o fator N (-).

6.2.3. Experimento 3 – Fontes e doses de nitrogênio para o híbrido de mamona Lyra cultivado em sistema plantio direto

6.2.3.1. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia

As perdas de NH_3 na safrinha 2006 foram baixas (Figura 25A) e mantiveram-se no mesmo nível até o quarto dia. Após a aplicação da uréia (25 de março) não houve ocorrência de chuvas e a umidade que ainda restava no solo decresceu, conforme dados da Figura 1, e da Figura 25B que contém os dados de umidade do solo. Assim, a partir do quarto dia após a aplicação a volatilização diminui substancialmente. Para que ocorram as perdas de N por volatilização é preciso a hidrólise enzimática da uréia no solo, com a produção de amônia (ROS et al. 2005) e este processo, dentre outros fatores, depende da umidade do solo (LARA CABEZAS et al., 1997). Dessa forma, atribui-se a baixas perdas de NH_3 à falta de água no solo para desencadear a hidrólise da uréia. Resultado semelhante foi observado por Duarte et al. (2007) que constatou que as condições de umidade do solo não foram suficientes para que a uréia fosse hidrolisada pela ação da urease. A perda acumulada para o tratamento com 120 kg ha^{-1} foi de $7,6 \text{ kg ha}^{-1}$, o que corresponde a 6,4%. Sangoi et al. (2003) observaram perdas de 14% de N na forma de NH_3 quando a uréia foi aplicada sobre a superfície do solo.

Na safrinha 2007 as perdas foram maiores e ocorreram de forma mais intensa até o sexto dia e prolongando-se em menor intensidade até onze dias após a aplicação da uréia (Figura 26A). A observação dos dados de umidade do solo e precipitação são necessários e importantes para explicar a variação das perdas. No dia da aplicação da uréia o solo estava úmido e manteve-se assim até o sexto dia (Figura 26B), período em que as perdas foram mais elevadas. A partir deste ponto a umidade do solo decresceu e as perdas foram menores. No décimo primeiro e décimo segundo dia choveu 28 mm o suficiente para reduzir as perdas de NH_3 a valores próximos a zero. Cantarella et al. (1999) observaram que a ocorrência de chuvas manteve baixo o nível de volatilização. As perdas acumuladas para o tratamento com 120 kg ha^{-1} de N após vinte cinco dias, foi de 34 kg ha^{-1} de NH_3 e em todas as doses de N as perdas foram 30% (Figura 26A).

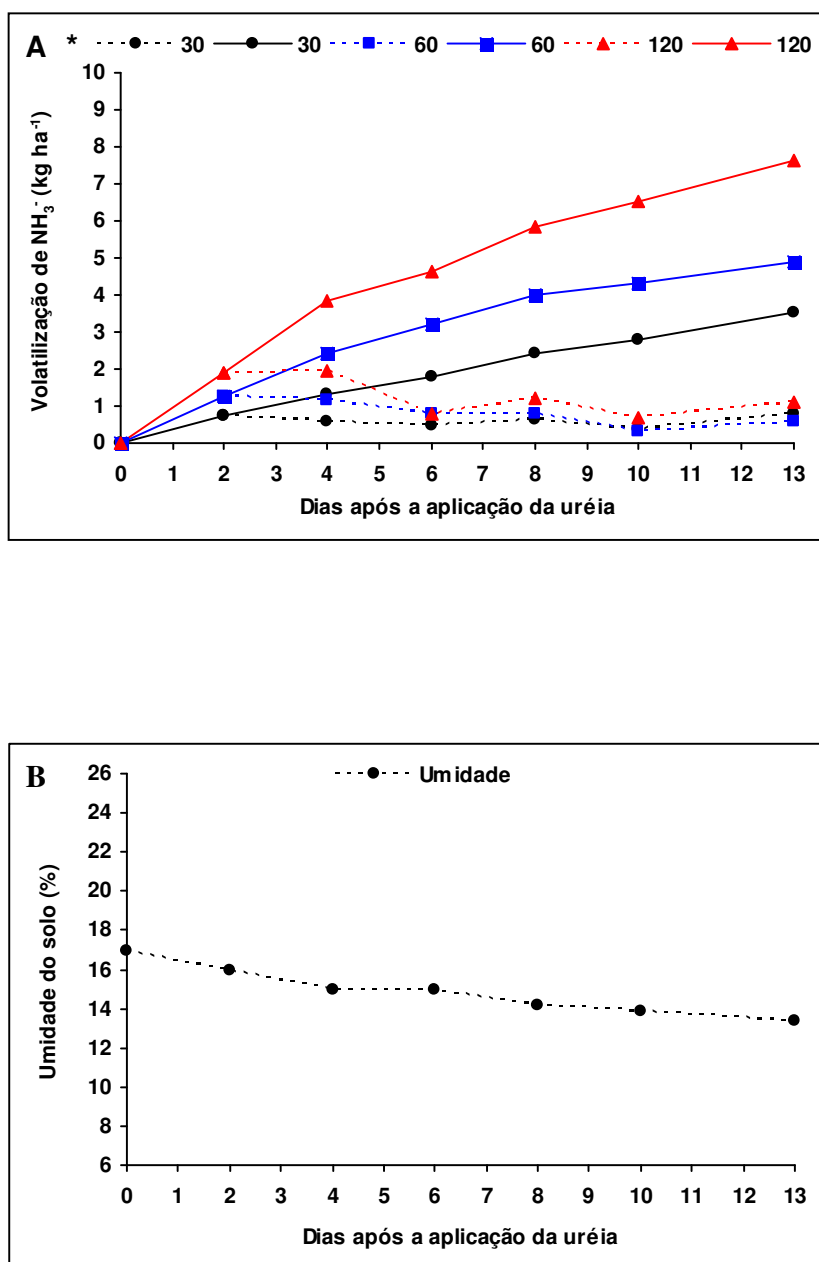


Figura 25. Perda de N por volatilização de NH₃ (A) em função de doses de N na safrinha 2006 e umidade do solo (B) durante o período de avaliação. * Doses de N (kg ha⁻¹), --- perda de NH₃ em cada avaliação e — perda de NH₃ acumulada.

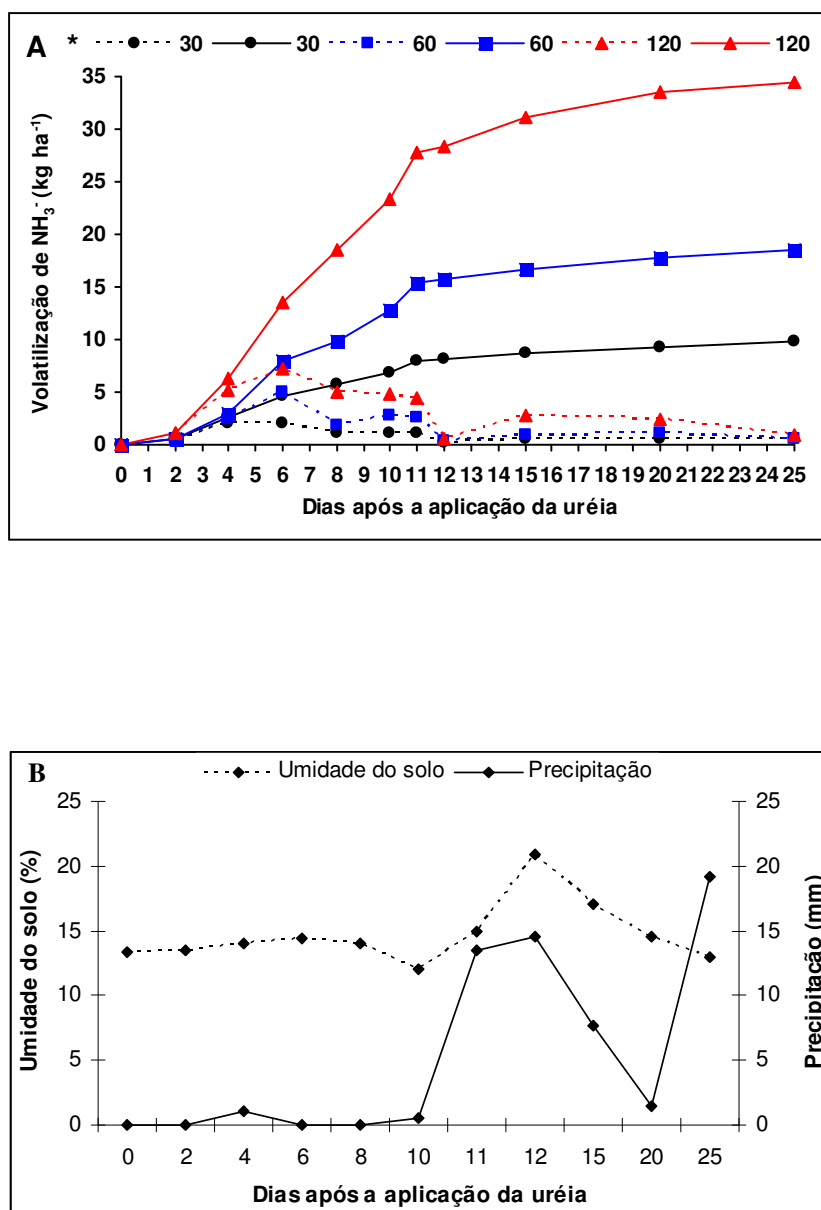


Figura 26. Perda de N por volatilização de NH₃ (A) em função de doses de N na safrinha 2007; umidade do solo e precipitação pluvial (B) durante o período de avaliação. * Doses de N (kg ha⁻¹), --- perda de NH₃ em cada avaliação e — perda de NH₃ acumulada.

6.2.3.2. Matéria seca de plantas e teor de N-NO_3^- e N-NH_4^+

A matéria seca do híbrido Lyra na safrinha 2006 não foi influenciada pelas doses de N independente da fonte utilizada, também não houve diferença entre as fontes (Figura 27A). A baixa demanda de N devido a limitação no desenvolvimento das plantas ocasionado pelo déficit hídrico explica o resultado, conforme já discutido para o experimento anterior. Na safrinha 2007 as plantas se desenvolveram mais, a demanda de N foi maior, portanto, observa-se na Figura 27B que a adubação nitrogenada incrementou a produção de MS, com ajuste dos dados a função linear. Nesta safrinha as fontes também não diferiram entre si, porém com a dose de 120 kg ha^{-1} de N, percebe-se a superioridade do sulfato de amônio, decorrente das perdas de N da fonte uréia.

Os teores de N-NO_3^- não foram afetados pelas fontes e doses de N na safrinha 2006 (Figura 27C). Justifica-se esse resultado pela baixa demanda de N pelas plantas, de modo que o N no solo foi suficiente e anulou o efeito dos tratamentos. Na safrinha 2007 a demanda de N foi maior e as doses proporcionaram incrementos no teor de N-NO_3^- para ambas as fontes. Entre as fontes os teores de nitrato foram maiores para o SA provavelmente devido as perdas de N da fonte uréia (Figura 26).

Quanto ao teor de N-NH_4^+ na safrinha 2006, as doses de N afetaram apenas os dados da fonte SA (Figura 27E). O maior valor ($2,2 \text{ g kg}^{-1}$) foi observado com a dose de 52 kg ha^{-1} de N, a partir dessa dose o teor de amônio decresceu. Na safrinha 2007 as doses de N não afetaram o teor de N-NH_4^+ , independente da fonte utilizada (Figura 27F). Em ambas as safrinhas não houve diferença no teor de amônio entre as fontes.

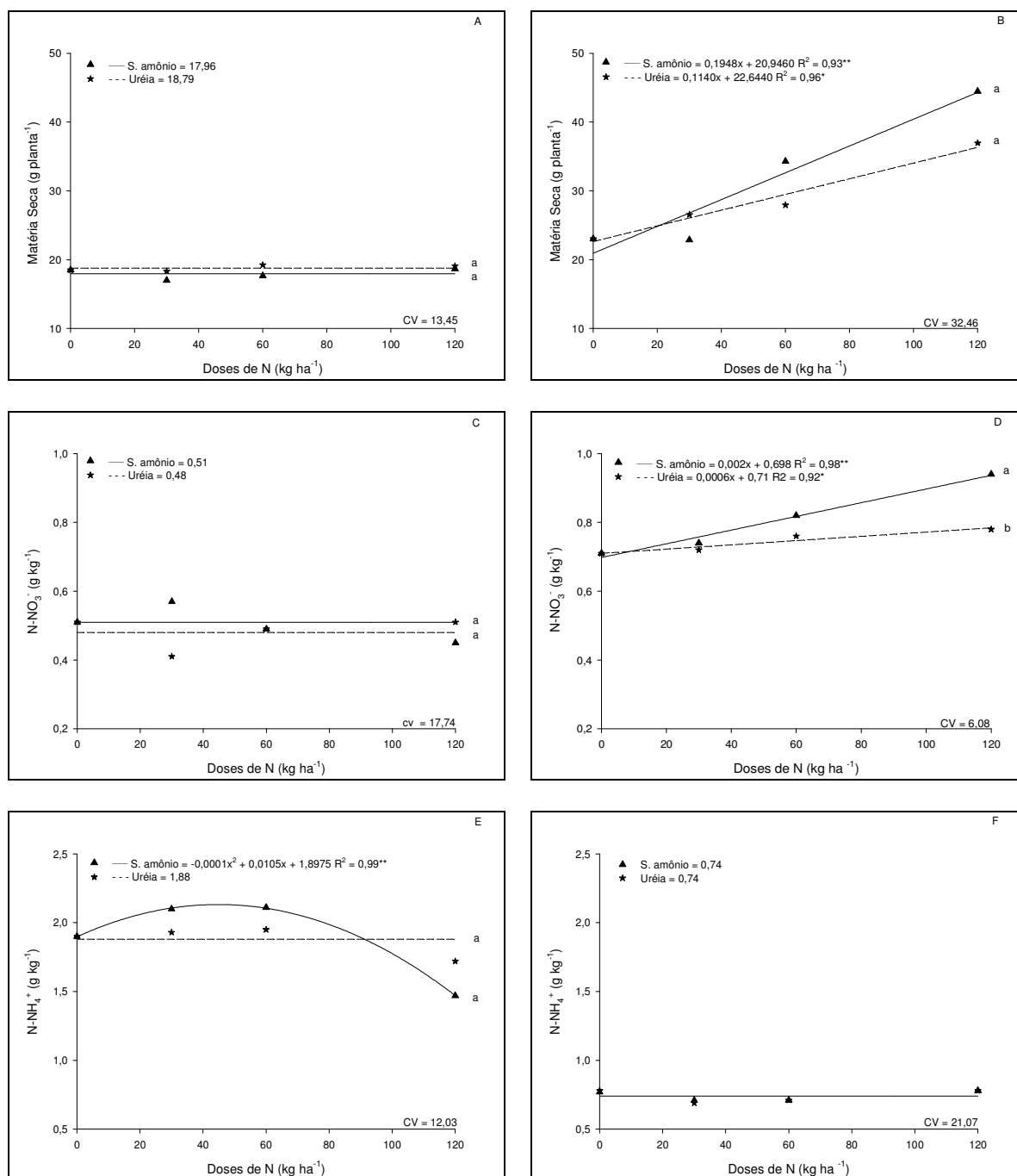


Figura 27. Produção de matéria seca, N-NO₃⁻ e NH₄⁺ para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.2.3.3. Diagnose Foliar

Os teores de N-total tanto na safrinha 2006 (Figura 28A), quanto na safrinha 2007 (Figura 28B) foram incrementados pelas doses de N. Na safrinha 2006 os dados foram ajustados a função quadrática para a fonte SA e linear para a uréia. Com a fonte SA o máximo teor de N (43 g kg^{-1}) foi observado com a dose calculada de 106 kg ha^{-1} de N. O ajuste linear dos dados para a fonte uréia é explicado pelas perdas de N (Figura 26). Na safrinha 2007 os dados de ambas as fontes foram ajustados a função linear. Este ajuste foi decorrente da maior demanda de N em razão do desenvolvimento do híbrido, constatado pela produção de MS (Figura 27B). Com o incremento linear na produção de MS, as doses de N não foram suficientes para atingir estabilidade no teor de N-total. Na comparação dos teores entre as fontes constatou-se que o SA foi superior devido as expressivas perdas de N da uréia (Figura 26). Na safrinha 2006 os teores de N-total estiveram dentro da faixa adequada ($40\text{-}50 \text{ g kg}^{-1}$) somente a partir da dose calculada de 20 kg ha^{-1} de N para a fonte SA e de 80 kg ha^{-1} de N para a uréia.

Os teores de P e K (Figura 28), Ca e Mg (Figura 29) não foram afetados pela adubação nitrogenada independente da fonte utilizada em ambas as safrinhas. Também não houve diferença no teor destes nutrientes entre as fontes.

Quanto ao P na safrinha 2006 (Figura 28C) os valores estiveram abaixo da faixa adequada ($3\text{-}4 \text{ g kg}^{-1}$). Na safrinha 2007 os valores estavam adequados (Figura 28D). Em relação ao K os teores de ambas as safrinhas (Figuras 28E e 28D) estiveram abaixo da faixa adequada ($30\text{-}40 \text{ g kg}^{-1}$). Para o Ca os valores também estavam adequados ($15\text{-}25 \text{ g kg}^{-1}$) em ambas as safrinhas (Figura 29A e 29B). Os teores de Mg na safrinha 2006 (Figura 29C) foram superiores ao da faixa adequada ($2,5\text{-}3,5 \text{ g kg}^{-1}$) e na safrinha 2007 (Figura 29D) foram adequados.

Quanto ao teor de S, observou-se que o aumento das doses de N na forma de uréia ocasionou decréscimo linear dos teores, tanto na safrinha 2006 (Figura 29E) quanto na safrinha 2007 (Figura 29F). O SA não influenciou os resultados, por apresentar 22% de S em sua composição. As razões detalhadas de como o N interfere na absorção do S estão descritas no item 6.1.1.2. Os teores de S foram superiores a faixa adequada que é de $3\text{-}4 \text{ g kg}^{-1}$, mesmo quando o aumento das doses de N proporcionaram redução dos valores.

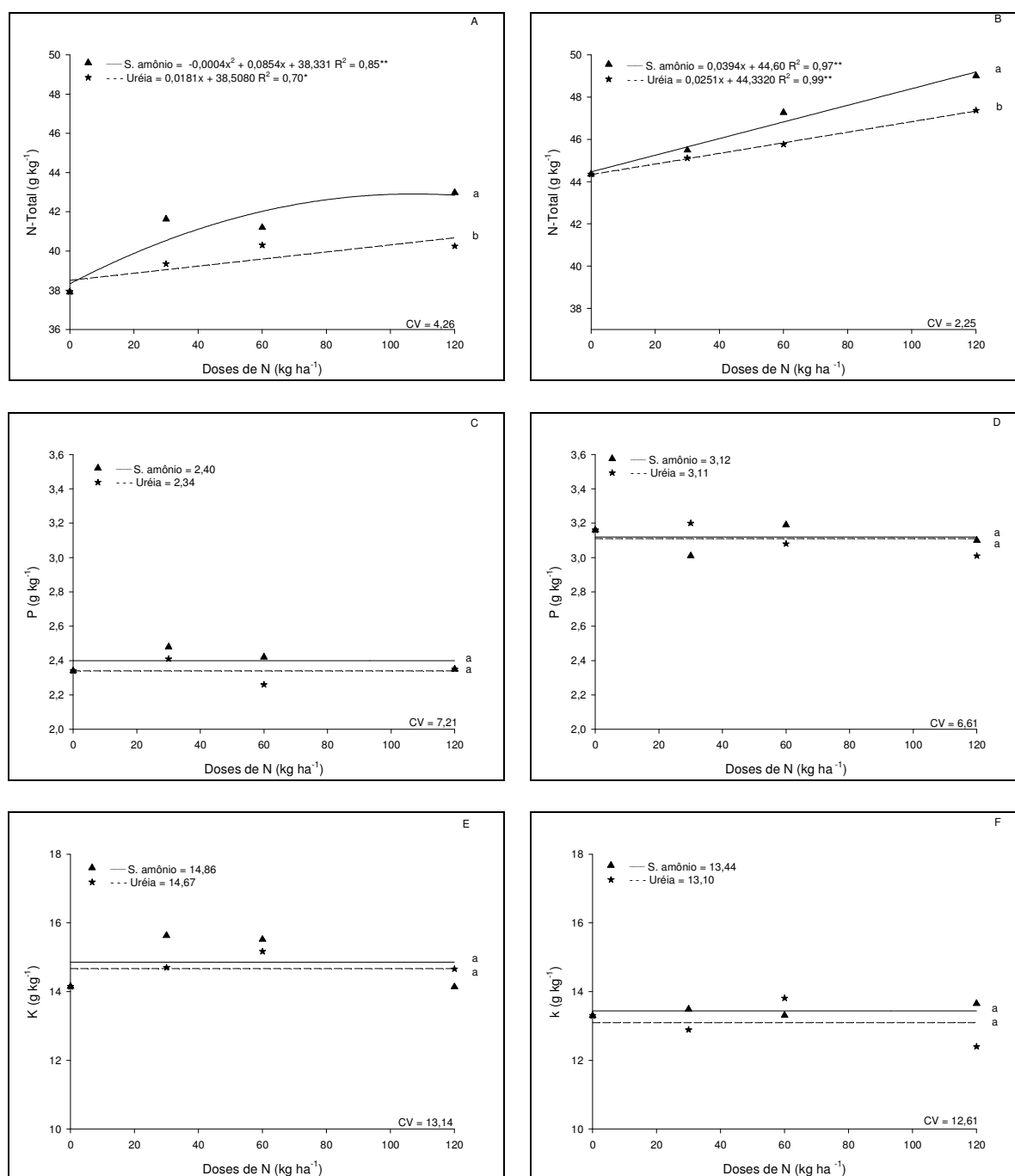


Figura 28. Teores de N, P e K para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

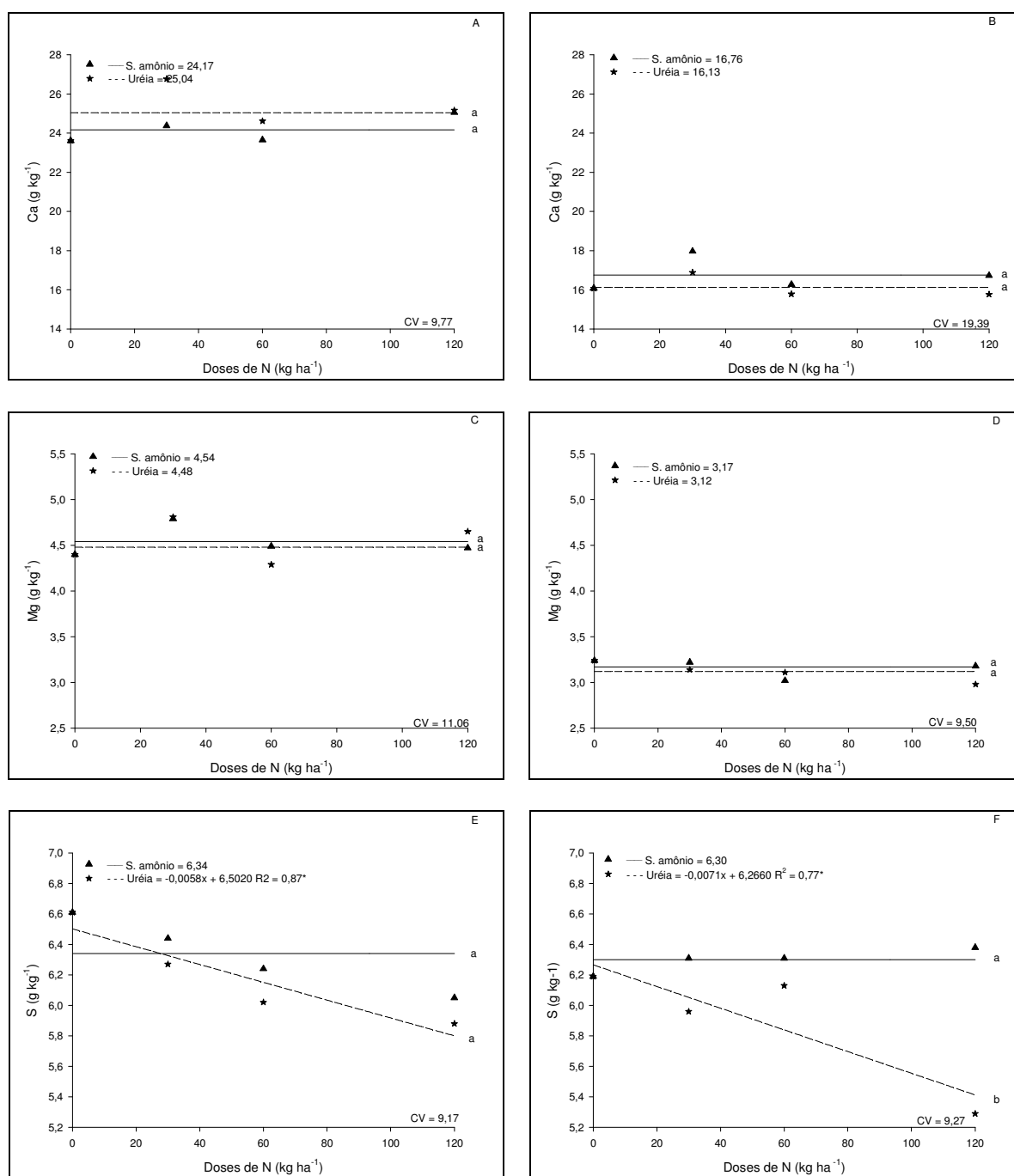


Figura 29. Teores de Ca, Mg e S para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.2.3.4. Componentes da produção

O estande final de plantas não foi influenciado pelas fontes e doses de nitrogênio em ambas as safras (Figura 30A e 30B). O número de plantas por hectare não é afetado pela adubação nitrogenada, salvo em casos muito severos de deficiência.

O número de racemo por planta não foi influenciado nem pelas fontes nem pelas doses. Na safrinha 2006 a restrição ao desenvolvimento ocasionada pela falta de chuvas limitou o engalhamento, de modo que ocorreu a emissão de um único racemo por planta independente da fonte (Figura 30C). Na safrinha 2007 apesar do desenvolvimento do híbrido ser maior, a demanda de N ainda foi baixa e mesmo com perdas de N da uréia o número de racemos não diferiu (Figura 30D).

Quanto ao número de frutos por racemo não houve influência da adubação nitrogenada e também este componente não diferiu entre as fontes em ambas as safrinhas (Figura 30E e 30F). Este resultado está coerente visto que o número de racemos também não diferiu.

O número de grãos por fruto não foi afetado pelos fatores, tanto na safrinha 2006 (Figura 31A) quanto na safrinha 2007 (Figura 31B).

Quanto ao peso de 100 grãos na safrinha 2006 os dados foram incrementados pelas doses de N com ajuste a função linear (Figura 31C). A baixa demanda de N no início do ciclo constatada pela produção de MS (Figura 27A) culminou no armazenamento do N excedente seja na planta ou no solo. Assim na fase de enchimento de grãos havia N disponível, propiciando o aumento de peso. Houve também diferença para este componente entre as fontes. Na safrinha 2007 o peso de 100 grãos não foi alterado pelas doses de N e também não diferiu entre as fontes (Figura 31D). O desenvolvimento das plantas foi maior, como pode ser observado na Figura 27B que contém os dados da produção de MS.

A produtividade de grãos foi incrementada pelas doses de N na safrinha 2006 para ambas as fontes e os dados foram ajustados a função linear (Figura 31E). Apesar do maior peso de grãos para SA e das perdas de N-NH₃ da uréia não houve diferença de produtividade entre as fontes. Na safrinha 2007 a produtividade não foi influenciada pelas doses de N e também não diferiu entre as fontes. Esse resultado já era esperado, pois, nenhum componente da produção foi alterado pela adubação nitrogenada.

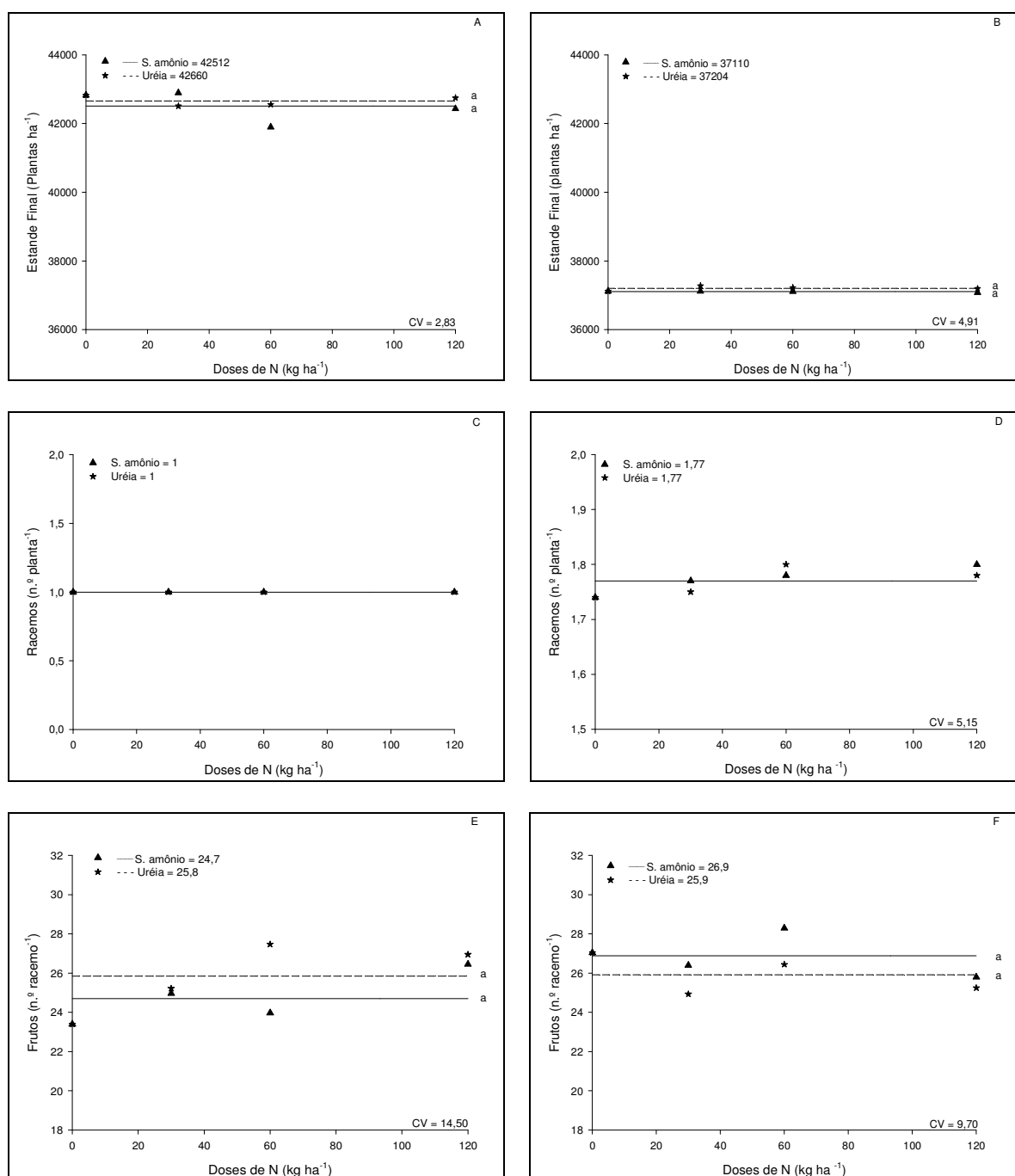


Figura 30. Estande final de plantas, racemos por planta e frutos por racemos para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

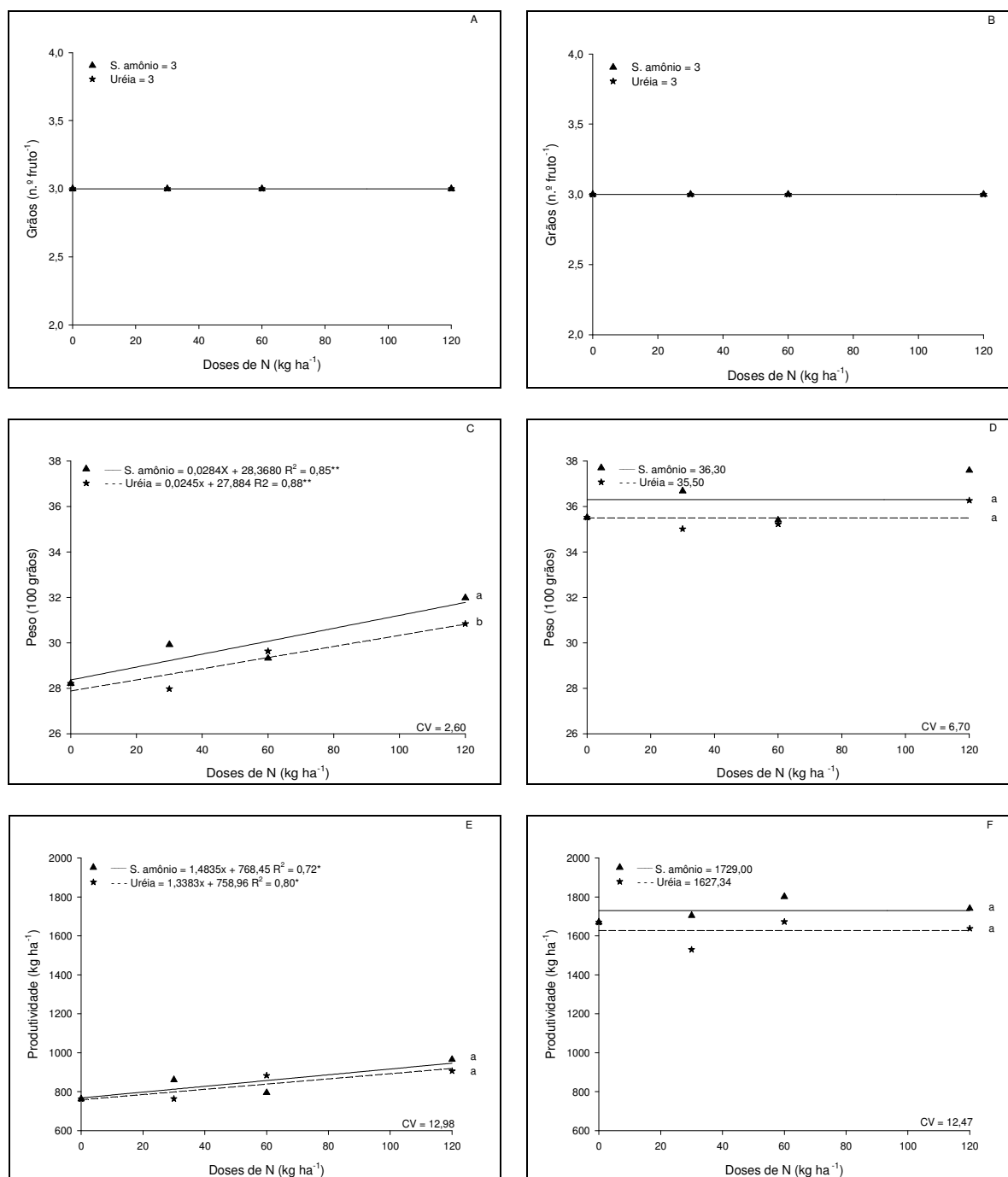


Figura 31. Grãos por fruto, peso de 100 grãos e produtividade para o híbrido de mamona Lyra na safrinha 2006 (A, C e E) e na safrinha 2007 (B, D e F) em função de doses de nitrogênio em cobertura. * e ** significativos a 5% e 1%, respectivamente. Curvas e/ou retas seguidas de mesma letra (minúscula) não diferem entre si pelo teste de t a 5% de probabilidade.

6.2.3.5. Fator de utilização do nitrogênio

O fator de utilização do N para a fonte SA foi maior com a dose de 30 kg ha⁻¹ de N, portanto esta dose proporcionou ao híbrido Lyra maior eficiência na utilização do N (Tabela 28). Isto aconteceu devido aos baixos incrementos de produção, mesmo quando as doses foram maiores. Este comportamento pode ser constatado na Figura 31E, ao observar-se a baixa inclinação da reta que representa os dados de produtividade. Para a fonte uréia a maior eficiência foi constatada com a dose de 60 kg ha⁻¹ de N. Neste caso as perdas de N por volatilização podem ter influenciado os resultados, de modo que a menor dose foi insuficiente para incrementar a produtividade e a maior teve o mesmo comportamento descrito para a fonte SA.

Tabela 28. Incremento de produtividade de grãos e fator de utilização do nitrogênio em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura no híbrido de mamona Lyra cultivado na safrinha 2006, no sistema plantio direto.

Fontes de N	N kg ha ⁻¹	Safrinha 2006	
		Aumento de produtividade ⁽¹⁾ kg ha ⁻¹	Fator N ⁽²⁾
S. amônio	30	98	3,3
S. amônio	60	32	0,5
S. amônio	120	202	1,7
Uréia	30	*	-
Uréia	60	120	2,0
Uréia	120	143	1,2

⁽¹⁾Obtido em relação à média de produtividade na testemunha (sulfato de amônio = 763 kg ha⁻¹ e uréia = 763 kg ha⁻¹). ⁽²⁾ Fator de utilização do N: kg ha⁻¹ de produtividade incrementada/kg ha⁻¹ de N. * Não houve incremento de produtividade e, portanto, não foi determinado o fator N (-).

6.3. Produtividade relativa

6.3.1. Safra 2005/2006 e 2006/2007

No Experimento 1 (doses de nitrogênio) a maior produtividade relativa para o híbrido Lyra foi obtida com a dose de 150 kg ha⁻¹ de N, independente do ano agrícola (Tabela 29). Para o híbrido Savana a maior produtividade relativa foi obtida com a dose de 200 kg ha⁻¹ de N na safra 2005/2006. Na safra seguinte (2006/2007) a produtividade relativa máxima foi obtida com a dose de 100 kg ha⁻¹ de N. A menor quantidade de N para atingir a máxima produtividade relativa é coerente, uma vez que, nesta safra as culturas que antecederam a mamona foram predominantemente leguminosas. Desta forma, considerando o N já presente no solo a dose de 100 kg ha⁻¹ deste nutriente foi suficiente para suprir a demanda da cultura.

Tabela 29. Produtividade relativa dos híbridos de mamona Lyra e Savana nas safras 2005/2006 e 2006/2007 em função de doses de N aplicadas em cobertura no sistema plantio direto.

Dose de N kg ha ⁻¹	Híbrido Lyra		Híbrido Savana	
	2005/2006	2006/2007	2005/2006	2006/2007
	Produção relativa de grãos			
0	48	78	42	84
50	95	94	67	91
100	98	96	86	100
150	100	100	92	95
200	92	98	100	88

No Experimento 2 (parcelamento da adubação nitrogenada) todas as formas de parcelamento foram superiores a testemunha e apresentaram valores próximos entre si. Embora a diferença tenha sido pequena, a máxima produtividade relativa para o híbrido Lyra na safra 2005/2006 foi obtida com a forma de parcelamento 0-100, enquanto que na safra seguinte foi com 70-30 (Tabela 30). O maior valor com aplicação de todo o N na segunda época (40 DAE) na safra 2005/2006 pode ter ocorrido devido a alta demanda de N na fase de enchimento de grãos. Somado a isso, nesta safra as culturas que antecederam a mamona foram predominantemente gramíneas, dentre elas o milho (Tabela 1). Nesta condição, provavelmente, os estoques de N do solo eram menores, assim a aplicação de todo o N aos 40 DAE aumentou a produtividade. Além do que, a matéria seca da parte aérea da safra

2005/2006 foi 15 g planta⁻¹ (Tabela 5), enquanto que na safra seguinte foi de 22 g planta⁻¹ (Tabela 7), o que explica o fato da ausência de N na primeira época não ter comprometido a produtividade e a razão pela qual a aplicação total do N na segunda foi vantajosa.

Para o híbrido Savana a máxima produtividade relativa foi obtida com o parcelamento 100-0 em ambas as safras (Tabela 30). Este híbrido apresenta desenvolvimento inicial mais vigoroso conforme pode ser observado pela produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 5). Deste modo a aplicação de N em uma única época atendeu a exigência da cultura.

Tabela 30. Produtividade relativa dos híbridos de mamona Lyra e Savana nas safras 2005/2006 e 2006/2007 em função do parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no sistema plantio direto.

Parcelamento do N kg ha ⁻¹	Híbrido Lyra		Híbrido Savana	
	2005/2006	2006/2007	2005/2006	2006/2007
	Produção relativa de grãos			
0 - 0	67	72	41	63
30 - 70	97	91	97	91
50 - 50	98	94	95	97
70 - 30	92	100	99	88
0 - 100	100	85	98	92
100 - 0	96	84	100	100

No experimento 3 (fontes e doses de N) a máxima produtividade relativa do híbrido Lyra com a fonte sulfato de amônio foi obtida com a dose 120 kg ha⁻¹ de N, em ambas as safras (Tabela 31). No entanto, a produtividade relativa com a dose 60 kg ha⁻¹ de N foi de 95% e 97% para as safras de 2005/2006 e 2006/2007, respectivamente. Deste modo a dose 60 kg ha⁻¹ resultou em maior eficiência no aproveitamento do N em relação a dose 120 kg ha⁻¹, conforme dados apresentados na Tabela 16. O baixo incremento da produtividade relativa na safra 2006/2007 pode ter ocorrido devido ao nitrogênio já presente no solo. Ressalta-se que em quatro das cinco safras de verão que antecederam a mamona a área foi cultivada com leguminosas (três safras com soja e uma safra com feijão) conforme Tabela 1. Este fato explica o baixo incremento de produtividade na safra 2006/2007.

Utilizando-se a fonte uréia as máximas produtividades em ambas as safras foram praticamente iguais com as doses de 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de N (Tabela 31).

Dentre estas doses, destaca-se que com 60 kg ha⁻¹ de N houve maior eficiência no aproveitamento do N aplicado, conforme dados apresentados na Tabela 16.

Tabela 31. Produtividade relativa do híbrido de mamona Lyra nas safras 2005/2006 e 2006/2007 em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura no sistema plantio direto.

Dose de N kg ha ⁻¹	Sulfato de amônio		Uréia	
	2005/2006	2006/2007	2005/2006	2006/2007
	Produção relativa de grãos			
0	53	86	54	88
30	84	99	89	89
60	95	97	100	99
120	100	100	97	100

6.3.2. Safrinha 2006 e 2007

No Experimento 1 (doses de nitrogênio) a máxima produtividade relativa para o híbrido Lyra na safrinha 2006 foi obtida com a dose de 50 kg ha⁻¹ de N e na safrinha 2007 com a dose de 200 kg ha⁻¹ de N (Tabela 32). A menor dose de N para atingir a produtividade máxima na safrinha 2006 ocorreu em decorrência do baixo desenvolvimento das plantas e conseqüentemente menor demanda de N. Atribuiu-se o baixo desenvolvimento das plantas ao déficit hídrico conforme se constata na Figura 1 (2006).

Quanto ao híbrido Savana e Sara, a maior produtividade relativa foi obtida com a dose de 200 kg ha⁻¹ de N, tanto na safrinha 2006 quanto na 2007 (Tabela 32). No entanto, a diferença em relação às demais doses foi pequena. Na safrinha o desenvolvimento das plantas foi menor, resultando em baixa demanda de N, ou seja, as doses de N não proporcionaram acréscimos significativos de produtividade.

Tabela 32. Produtividade relativa dos híbridos de mamona Lyra na safrinha 2006 e Sara na safrinha 2007 em função de doses de N aplicadas em cobertura no sistema plantio direto.

Dose de N kg ha ⁻¹	Híbrido Lyra		Híbrido Savana/Sara	
	2006	2007	2006	2007
	Produção relativa de grãos			
0	99	89	89	98
50	100	89	96	91
100	86	99	94	93
150	81	92	99	99
200	92	100	100	100

No Experimento 2 (parcelamento da adubação nitrogenada) as formas de parcelamento que proporcionaram a máxima produtividade relativa ao híbrido Lyra foram 70-30 e 50-50 para a safrinha 2006 e 2007, respectivamente (Tabela 33). Doses equivalentes de N em cada época parecem ser a melhor alternativa para adubação na safrinha. Em 2006 o parcelamento 70-30 foi melhor. A provável razão para isto foi em decorrência do baixo desenvolvimento das plantas, ou seja, a demanda de N proveniente da segunda época foi menor.

Quanto ao híbrido Savana e Sara, a diferença de produtividade relativa entre as formas de parcelamento e a testemunha foram baixas (Tabela 33). Na safrinha o desenvolvimento das plantas foi menor, resultando em baixa demanda de N, ou seja, as formas de parcelamento do N proporcionaram baixos acréscimos de produtividade para estes híbridos.

Tabela 33. Produtividade relativa dos híbridos de mamona Lyra na safrinha 2006 e Sara na safrinha 2007 em função do parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no sistema plantio direto.

Parcelamento do N kg ha ⁻¹	Híbrido Lyra		Híbrido Savana/Sara	
	2006	2007	2006	2007
	Produção relativa de grãos			
0 - 0	83	84	100	93
30 - 70	87	98	84	99
50 - 50	82	100	93	94
70 - 30	100	91	93	92
0 - 100	78	99	96	87
100 - 0	84	96	97	100

No Experimento 3 (fontes e doses de N) a máxima produtividade relativa do híbrido Lyra com a fonte sulfato de amônio foi obtida com a dose 120 kg ha⁻¹ de N na safrinha 2006 (Tabela 34). Na safrinha 2007 a máxima produtividade relativa foi obtida com a dose de 60 kg ha⁻¹ de N, no entanto, a diferença em relação aos demais tratamentos foi insignificante.

Com a fonte uréia as máximas produtividades relativas foram praticamente iguais com as doses de 60 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de N na safrinha 2006. Na safrinha 2007 as diferenças foram menores e não houve acréscimos significativos em relação a testemunha (Tabela 34).

Tabela 34. Produtividade relativa do híbrido de mamona Lyra nas safrinhas 2006 e 2007 em função de fontes e doses de N aplicadas em cobertura no sistema plantio direto.

Dose de N	Sulfato de amônio		Uréia	
	2006	2007	2006	2007
kg ha ⁻¹	----- Produção relativa de grãos -----			
0	79	93	84	99
30	89	95	84	91
60	82	100	97	100
120	100	97	100	98

7. CONCLUSÕES

7.1. Safra 2005/2006 e 2006/2007

O híbrido Lyra foi mais produtivo que o Savana.

O Lyra foi mais eficiente na utilização do N com a dose de 50 kg ha⁻¹.

Os componentes da produção afetados pela adubação de nitrogenada foram o número de racemos por planta, o número de frutos por racemo e o peso de 100 grãos.

A produtividade de grãos foi incrementada pela aplicação de nitrogênio independente da forma de parcelamento e da fonte utilizada.

A volatilização de NH₃ foi de 16,4% e 6,6 % quando da aplicação de 120 kg ha⁻¹, na safra 2005/06 e 2006/07, respectivamente.

A adubação nitrogenada proporcionou aumento da produtividade relativa de grãos superior a 25%.

7.2. Safrinha 2006 e 2007

O híbrido Lyra foi mais produtivo que o Savana e o Sara.

A produtividade de grãos foi incrementada pela aplicação de nitrogênio independente da fonte utilizada.

A adubação nitrogenada em cobertura proporcionou baixo incremento na produtividade de grãos.

A volatilização de NH₃ foi de 6,4% e 28,8 % quando da aplicação de 120 kg ha⁻¹, na safrinha 2006 e 2007, respectivamente.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, F. Nutritional imbalances and constraints to plant growth on acid soils. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, p. 81-87, 1981.

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. C. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 157-165, 2001.

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; DE PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 277-288, 2000.

ANDRADE, M. J. B.; DINIZ, A. R.; CARVALHO, J. G.; LIMA, S. F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.22, p.499-508, 1998.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452 p.

AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; LIMA, E.F.V. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 52p (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 25).

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo Cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.de; LIMA, E.F. (Eds.) **O Agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 121-160.

BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, O.F. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com uréia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. **Informações Agronômicas**, v. 93, p. 1-5, 2001.

BELTRÃO, N.E.M.; **Informações sobre o Biodiesel, em Especial Feito com Óleo de Mamona**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Embrapa. Campina Grande. 2003. 3p (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico, ISSN 0102-0099).

BLAIR, G.J.; MAMARIL, C.P.; MILLER, M.H. Influence of nitrogen source on phosphorus uptake by corn from soils differing in pH. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 235-238, 1971.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Potafos. Piracicaba, 1993, p. 63-122.

CAMPOS, A.X. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura de milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *B. decumbens***. 2004. 119f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA/USP, Piracicaba, 2004.

CANTARELLA, H.; CORRÊA, L.; PRIMAVESI, A.C.; FREITAS, A.R.; SILVA, A.G. Ammonia losses by volatilization from coastcross pasture fertilized with two nitrogen sources. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.190-192.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; BARBOSA, W.; PENNA, M.J.; RESENDE, L.C.L. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e resposta da cana-de-açúcar à adubação nitrogenada, em sistema de colheita de cana sem queima prévia. **CONGRESSO NACIONAL DA STAB**, 7., Londrina, 1999. Anais. Álcool Subpr., Londrina, 1999. p.82-87.

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 445-450, 2003.

CASAGRANDE, J.R.R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M.J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 49-54, 2002.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível no site: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em setembro de 2005.

COSTA, M.C.G.; VITTI, G.C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 631-637, 2003.

CRAWFORD, N.M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth. **The Plant Cell**, Rockville, v. 7, p. 859-868, 1995.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Aplicação de enxofre em cobertura no feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 459-465, 2006.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31 p. 1545-1552, 2007.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; GUILHERME, L.R.G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 179-186, fev. 2004.

DUARTE, F.M.; POCOJESKI, E.; SILVA, L. S.; GRAUPE, F.A.; BRITZKE, D. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de uréia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p.705-711, mai-jun, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1999. 41p.

ENGELS, C.; MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P.E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 41-81.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa-SCT/Embrapa-CNPAF, 1999, 294 p.

FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A.; GARCIA, R.A. Efeito da calagem e sulfato de amônio no algodão: II - Concentração de cátions e ânions na solução do solo e absorção de nutrientes pelas plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 433-442, mai/jun, 2006.

FRIEDRICH, I.W.; SCHRADER, L.E. Sulfur deprivation and nitrogen metabolism in maize seedlings. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 61, n. 6, p. 900-907, 1978.

FREIRE, F.M.; VASCONCELLOS, C.A.; FRANÇA, G.D. Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 49-56, 2001.

GAVA, G.J.C. **Utilização do nitrogênio da uréia (15N) e da palhada (15N) por soqueira de cana-de-açúcar no manejo sem despalha a fogo**. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1999. 81p. (Tese de Mestrado)

HUNTINGTON, T.G.; GROVE, J.H.; FRYE, W.W. Release and recovery of nitrogen from winter annual cover crops in no-till corn production. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 16, p. 193-211, 1985.

KOCHHANN, R.A.; SELLES, F. **O solo e sistema de manejo conservacionista**. In: FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHHANN, R.A.; SELLES, F.; ZENTNER, R.P. Manual de manejo conservacionista do solo para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1991. p. 43-52 (Documento, 1).

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDÖRFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 481-487, 1997.

LARA CABEZAS, W.A.R. & TRIVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor semi-aberto estático na quantificação de N-NH₃ volatilizado da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 345-352, 1990.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A. & GASCHO, G.J. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 30, n.3/4, p.389-406, 1999.

LARA CABEZAS, W.A.R.; YAMADA, T. Uréia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio! **Informações Agronômicas**, v. 86, p. 9-10. 1999.

LAVRES JUNIOR, J.; BOARETTO, R.M.; SILVA, M.L.S.; CORREIA, D.; CABRAL, C.P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p.145-151, 2005.

LIMA, E. do V. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta da soja à cobertura vegetal e a calagem superficial na implantação do sistema de semeadura direta**. 2001. 125p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu.

LOMBARDI NETO, F., DRUGOWICH, M.I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. v. 2, 168p.

MALAVOLTA, E. O enxofre na agricultura, situação atual, perspectivas e sugestões. In: **SIMPÓSIO: P, Ca, Mg, S, MICRONUTRIENTES: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS NA AGRICULTURA**, São Paulo, 1984, Anais. São Paulo: Manah, 1986, p. 101-108.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London, Academic Press, 1995. 889p.

MASCARENHAS, H. A.; VALADARES, J. M. A.; ROTTA, C. L.; BULISANI, E. A. Adubação potássica na produção de soja, nos teores de potássio em Latossolo Roxo Distrófico de cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 40, p. 125-134, 1981.

MATEUS, G. P; CRUSCIOL, C. A. C. Integração agricultura-pecuária em cultivo consorciado: Sistema Santa Fé. In: **ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA**, 1., 2004. Cesário Lange: Centro de Capacitação do Agricultor Familiar, 2004. p. 30-40.

MEIRA F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 383-388, abr. 2005.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 655p.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C.; TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18(1), p.23-27, 1983.

NAKAGAWA, J. **Marcha de absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio e efeitos da adubação NPK na mamoneira (*Ricinus communis* L.), cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa**. Botucatu, 1971. 66p. Tese (Doutorado em Ciências /Agrotecnia e Geologia) – Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Unesp.

NÖMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, n. 2, p. 309-318, 1973.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NEVES, J.C.L. Comparisons of phosphorus availability between anion exchange resin and Mehlich-1 extractions among Oxisols with different capacity factors. **Comm. Soil. Sci. Plant Anal.**, v. 31, p. 615-630, 2000.

OLIVEIRA, I. P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.301-52.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M.C. Decomposição de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 34, p. 2359-2362, 1999.

OLIVEIRA, T.K.; CARVALHO, G.J.; MORAES, R.N.S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1079-1087, 2002.

PAULETTI, M. W. A importância da palhada e da atividade biológica na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO EM PLANTIO DIRETO. 3., 1999. Cruz Alta. **Palestras**. Passo Fundo: Aldeia Norte. 1999. p. 56-66.

PEUKE, A.D.; GLAAB, J.; KAISER, W.M.; Jeschke, W.D. The uptake and flow of C, N and ions between roots and shoots in *Ricinus communis* L. IV. Flow and metabolism of inorganic nitrogen and malate depending on nitrogen nutrition and salt treatment. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, n. 296, p. 377-385, mar, 1996.

POLETI, P. P.; AMARAL, J. G. C. do; ZANOTTO, M. D.; MACIEL, C. D. de G. Avaliação de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) para o Estado de São Paulo Safra 2003/2004. In: **I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA – energia e sustentabilidade**, 1., 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa, 2004. 1 CD-ROM.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; ARMELIN, M.J.A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 77, p. 89-102, 2002.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastacross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 247-253, 2005.

PURCINO, A.A.C.; MAGNAVACA, R.; MACHADO, A.T.; Marriel, E. E. Atividade da redutase do nitrato em genótipos antigos e modernos de milho, cultivados sob dois níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 41-46, 1994.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 2ª edição, 1996. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).

ROCHA, F.A.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; CANTARUTTI, R.B.; SILVA J.O. Modelo numérico do transporte de nitrogênio no solo. Parte II: Reações biológicas durante a lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p.54–61, 2008.

RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J.C. Distribuição e nitrificação da amônia proveniente da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 403-408, 1992.

ROS, C.O.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 799-805, jul-ago, 2005.

ROSECRANCE, R.C.; McCARTY, G.W; SHELTON, D.R.; TEASDALE, J.R. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures. **Plant Soil**, v. 227, p. 283-290, 2000.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.355-362, 2003.

SALET, R.L. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido a diferentes sistemas de manejo**. Porto Alegre: UFRGS, 1994. 110p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1994.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p.687-692, jul-ago, 2003.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F.; MELO, M.L.B. Resposta do feijoeiro ao manejo de nitrogênio em várzeas tropicais. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:1265-1271, 2003.

SANTOS, A.C.M.; FERREIRA, G.B.; XAVIER, R.M.; FERREIRA, M.M.M.; SEVERINO, L.V.; BELTRÃO, N.E.M.; DANTAS, J.P.; MORAES, C.R.A. Deficiência de nitrogênio na mamona (*Ricinus communis* L.): descrição e efeito sobre o crescimento e a produção da cultura. In: **I CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA**, 1., 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa, 2004. 1 CD-ROM.

SAVY FILHO, A. Mamona. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p.201.

SAVY FILHO, A.; BANZATO, N. V.; BARBOZA, M. Z.; MIGUEL, A. M. R. O.; DAVI, L. O. de C.; RIBEIRO, F. M. Mamona: In: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Oleaginosas no estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campinas, 1999. 39p. (Cati. Documento Técnico, 107).

SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R.A.; GONDIM, T.M.S.; FREIRE, W.S.A.; CASTRO, D.A.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E.M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 563-568, 2006.

SILVA, A.J. **Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) à adubação nitrogenada**. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1988. 85p. (Tese de Mestrado).

SILVA, T.R.B.; LEITE, V.E.; SILVA, A.R.B.; VIANA, L.H. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura da mamona em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1357-1359, set. 2007. (Nota Científica).

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 259-265, 2006.

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 895-901, 2004.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p.211-218, 2005.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 10, n. 1, p. 89-99, 2001.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de plantas**. 1ª Edição, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Califórnia: The Benjamin/Cummings Publishings Company, 1991. 565p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 2. ed. Sunderland Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. 792p.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p. (Boletim técnico, 5).

YAMADA, T. Melhoria na eficiência da adubação aproveitando as interações entre os nutrientes. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 100, p. 1-5, 2002.